



INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO DE GAZA

DIVISÃO DE AGRICULTURA

CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL

PROJECTO FINAL

**Avaliação da eficiência operacional e quantificação dos resíduos na serragem
de Madeira de *Brachystegia spiciformis*, na Empresa LevasFlor.**

Relatório final de Monografia, apresentado e defendido como requisito para a obtenção do grau
de Licenciatura em Engenharia Florestal

Autor: Sara Israel Manhique

Tutor: Eng^o. Pedro Venâncio Wate, (MSc)

Lionde, Maio de 2022



INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO DE GAZA

Projecto de licenciatura sobre “Avaliação da eficiência operacional e quantificação dos resíduos na serragem de Madeira de *Brachystegia spiciformis*, na empresa de LevasFlor” apresentado ao Curso de Engenharia Florestal na Divisão de Agricultura do Instituto Superior Politécnico de Gaza, como requisito para obtenção do grau de Licenciatura em Engenharia Florestal.

Tutor: Pedro Venâncio Wate

Eng.º Pedro Venâncio Wate, (MSc)

Avaliador 1: Edson Massingue

Eng.º Edson Massingue, (MSc)

Avaliador 2: Emídio José Matusse

Eng.º Emídio José Matusse, (MSc)

Lionde, Maio de 2022

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABELAS	I
ÍNDICE DE GRAFICOS	II
ÍNDICE DE FIGURAS	III
LISTA DE ABREVIATURAS	IV
DECLARAÇÃO	Error! Bookmark not defined. V
DEDICATÓRIA	VI
AGRADECIMENTOS	VII
RESUMO	VIII
ABSTRACT	XIX
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Problema e justificativa	3
1.2. Objectivos	4
1.2.1. Geral	4
1.2.2. Específicos	4
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
2.1. Descrição da espécie em estudo	5
2.1.1. Classificação taxinómica de <i>Brachystegia spiciformis</i>	5
2.1.2. <i>Brachystegia spiciformis</i> (Messassa)	5
2.1.3. Propriedades físicas	6
2.1.4. Propriedades mecânicas (tensões de rotura em N/ mm ²)	6
2.2. Situação das indústrias madeireiras em Moçambique	6
2.3. Serração	7
2.4. Classificação das Serrações	8
2.4.1. Serragem Principal	8
2.4.2. Serragem Secundário	8
2.5. Classificação dos Sistemas de serragem	8
2.5.1. Corte tangencial	9
2.5.2. Corte radial	9
2.6. Rendimento	10
2.6.1. Factores que afectam o rendimento	11

2.6.1.1. O diâmetro do toro.....	11
2.6.1.2. Comprimento	11
2.6.1.3. Qualidade dos toros ou da matéria-prima.....	12
2.6.1.4. A conicidade	12
2.6.1.5. Tortuosidade	12
2.7. Métodos de classificação da madeira serrada	13
2.7.1. Método de rendimento de cortes limpos.....	14
2.7.2. Método baseado no uso final	14
2.8. Resíduos	15
2.8.1. Classificação dos resíduos	16
2.10. Aproveitamento de resíduos madeireiros	17
2.9. Eficiência operacional da serração.....	17
3. METODOLOGIA	19
3.1. Descrição da área do estudo.....	19
3.2. Clima	20
3.3. Topografia e geologia.....	20
3.4. Flora	20
3.6. Materiais e métodos	21
3.7. Levantamento de dados.....	21
3.8. Classificação de madeira serrada segundo as classes de qualidade	22
3.9. Análise e Processamento de dados.....	23
3.9.1. Determinação de volume.....	23
3.9.2. Determinação de rendimento da madeira serrada	25
3.9.3. Determinação da conicidade	26
3.9.4. Determinação do volume dos resíduos produzidos.....	26
3.4.5. Determinação da eficiência operacional da serração	27
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	28
4.1. Rendimento volumétrico.....	28
4.2. Conicidade dos toros	29
4.3. Quantificação de resíduos	30
4.4. Classe de qualidade da madeira serrada.....	34

4.5. Eficiência operacional	35
5. CONCLUSÃO	37
6. RECOMENDAÇÕES	38
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	39
8. ANEXOS	43

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Propriedades físicas de <i>Brachystegia spiciformes</i>	6
Tabela 2. Propriedades mecânicas de <i>Brachystegia spiciformes</i>	6
Tabela 3: A Tabela é usada para a classificação da madeira segundo as dimensões de espessura e largura das peças em milímetros	13
Tabela 4. Número de toros por classes diamétricas	22
Tabela 5. Classes de qualidade de madeira serrada	22
Tabela 6. Volume de toros, de madeira serrada, percentagem de rendimento volumétrico	28
Tabela 7: Conicidade dos toros	29
Tabela 8: Volume de costaneiras, serradura, percentagem das costaneiras e da serradura	31
Tabela 9: Classe de qualidade de madeira serrada de primeira, segunda e terceira classe	34

ÍNDICE DE GRAFICOS

Gráfico 1:Rendimento volumétrico em cada classe diamétrica de <i>Brachystegia speciformis</i>	28
Gráfico 2: Conicidade dos toros por classe diamétrica.....	30
Gráfico 3: percentagem da serradura e das costaneiras em cada classe diamétricas.	32
Gráfico 4: Relação entre a conicidade e a percentagem de costaneiras por classes diamétricas..	33
Gráfico 5: Percentagem de madeira serrada, serradura e costaneiras.	35

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa da área de estudo.	19
Figura 2. Medição de diâmetros de toros.....	24

LISTA DE ABREVIATURAS

Dt – Diâmetro do topo

D – Diâmetro

Db – Diâmetro da base cruzada

DM – Diâmetro maior

Dm – Diâmetro menor

C – Comprimento

L – Largura

E – Espessura

T – Tempo

R – Amplitude de total

h – Amplitude de classes

k – Número de classes

MAE – Ministério de Administração Estatal

% – Percentagem

ISPG – Instituto Superior Politécnico de Gaza



INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO DE GAZA

DECLARAÇÃO

Declaro por minha honra que este trabalho de culminação do curso é resultado da minha investigação pessoal e das orientações do meu tutor, o seu conteúdo é original e todas as fontes consultadas estão devidamente mencionadas no texto, nas notas e na bibliografia final. Declaro ainda que este trabalho não foi apresentado em nenhuma outra instituição para propósito semelhante ou obtenção de qualquer grau académico.

Lionde, 17 de Maio de 2022

(Sara Israel Manhique)

Sara Israel Manhique

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho com muito amor e carinho aos meus pais, Israel Manhique e Aida Uamusse pela paciência e pelo amor incondicional que me dão diariamente.

Aos meus Avós Brauene Manhique (em Memória) e Sara Manhique, as minhas irmãs Salmina, Rosa, Ana e Celeste, as minhas primas Atália Iceu e Alice Iceu.

Aos meus tios Tomé Manhique e Dulce Manhique pelo apoio e acolhimento durante a realização do estágio acadêmico.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus pelo dom de vida, pela força e saúde.

Agradeço aos meus pais (Israel Manhique e Aida Uamusse) por terem acreditado em mim, pela força e pelo apoio que me dão em todos os momentos da minha vida.

Ao meu Tutor Engenheiro Pedro Venâncio Wate (MSc) pela ajuda e dedicação oferecido durante a minha formação académica, na realização do trabalho e por ultrapassar a função do tutor.

Agradeço especialmente ao Angelino Fernando e as minhas irmãs (Salmina Israel e Rosa Israel) pelas orações oferecidas sempre que necessitasse.

Agradeço ao Instituto Superior Politécnico de Gaza pela oportunidade de realizar o curso e a todos os docentes da Divisão de Agricultura e em especial do curso de Engenharia Florestal, Engenheiro Severino José Macoo, Engenheiro Edson Chilaquene Massinga, Engenheiro Emídio José Matusse (MSc), dr. Sergio Alfredo Bila, Professor Luiz Commissario Mandlate (PhD), Professor Mário Sebastião Tuzine (PhD), pelos ensinamentos dados durante a minha formação.

A empresa LESVAS FLOR pela abertura e permitirem a colecta de dados para a realização deste trabalho e a todos os técnicos que directa ou indirectamente me ajudaram durante o levantamento dos dados.

Agradeço aos meus colegas, Eng. João Chibue e Lina Chiziane amigos que sem dúvida contribuíram para a minha formação pessoal e académica, pelo apoio moral transmitido durante o curso e ajuda nos momentos difíceis.

A toda minha família por me terem encorajado e apoiado incondicionalmente na realização deste trabalho e durante o percurso da minha formação

A todos aqueles que contribuíram para que este trabalho se tornasse uma realidade, e que directa ou indirectamente participaram e que de alguma forma colaboraram para que mais essa etapa fosse cumprida.

O meu Muito obrigado

RESUMO

As indústrias de base florestal em Moçambique tem baixos rendimentos e geram grandes quantidades de resíduos no processo produtivo, principalmente as indústrias de transformação primária. O estudo teve como objectivo avaliar a eficiência operacional e quantificar os resíduos na serragem da madeira de *Brachystegia spiciformis*, na empresa LevasFlor. Para tal analisou-se o rendimento da madeira serrada, de seguida avaliou-se a eficiência operacional e por ultimo quantificou-se os resíduos provenientes da serragem dos toros. Para a colecta de dados foram seleccionados 52 toros de forma aleatória e agrupados em 5 classes diamétricas. Em cada toro seleccionado foi medido o diâmetro da base e do topo com auxílio de uma fita métrica e depois o comprimento, para o cálculo do volume do toro. Após a medição dos toros, os mesmos foram submetidos a serragem na serra fita horizontal, em seguida foi medida a espessura, a largura e o comprimento das peças serradas, para a determinação do volume da madeira serrada. Após a determinação do rendimento de madeira serrada foram quantificados os resíduos (serradura e costaneiras). Para se obter os resultados da eficiência operacional, foi cronometrado o tempo total de serragem de toros. Os dados foram processados no *Microsoft Office 2010* para a obtenção dos resultados. O rendimento médio foi igual a 54,31%, a percentagem de serradura foi de 25,86% e de costaneiras foi de 31,91%, e percentagem de serradura foi de 25,86%. O rendimento foi considerado normal, para uma serração que processa madeira de folhosas, quando comparado com dados da literatura. A eficiência operacional média foi igual a 3,61m³/operário/dia, e foi considerada baixo. Na percentagem de serradura constatou-se que a espessura e a trava da lâmina tem uma influencia significativa na percentagem de serradura, concluindo dessa forma que as lâminas com espessura maior contribuíram para a produção de maior percentagens de serradura.

Palavras-Chave: Madeira serrada, eficiência, rendimento e volume

ABSTRACT

Forest-based industries in Mozambique have advanced lows and generate large amounts of waste in the production process, mainly in primary transformation industries. The study aimed to evaluate an operational efficiency and quantify the residues in the sawdust of *Brachystegia spiciformis* wood, at LevasFlor company. For this purpose, the yield of sawn wood was analyzed, then the operational efficiency was evaluated and, finally, the residues from the sawdust of the logs were quantified. For data collection, 52 logs were selected at random and grouped into 5 diameter classes. In each selected log, the diameter of the base and the top was measured with the aid of a measuring tape and then the length, to calculate the volume of the log. After measuring the logs, the sawdust was found on the horizontal saw strip, then the thickness, width and length of the sawn pieces were measured, to determine the volume of the sawn wood. After determining the sawn wood yield, the residues (sawdust and shore) were quantified. To obtain operational efficiency results, the total log sawing time was measured. Data were obtained from a Microsoft Office 2010 spreadsheet to obtain the results. The average yield was equal to 54.31% and was considered good, for a sawmill that processes hardwood, when compared to data in the literature, the percentage of sawdust was 25.86% and that of coasters was 31.91% . The average operating efficiency was equal to 3,61m³ / worker / day, and was considered low, even for small sawmills as a result of the low level of maintenance on the blades. The percentage of sawdust was 25.86%, where it was found that the thickness and lock of the blade has a significant influence on the percentage of sawdust, thus concluding that the blades with greater thickness contributed to the production of higher percentages of sawdust .

Keywords: sawn wood, efficiency, yield and volume

1. INTRODUÇÃO

Moçambique até 2003, contava com cerca de 149 unidades industriais subdivididas em 122 serrações, 24 carpintarias, uma fábrica de painel, uma fábrica de folheados e uma fábrica de parquet, Chitará (2003). Segundo Taquidir e Falcão (2011), esse número tem estado a crescer, sendo que actualmente o país possui 236 indústrias de madeira, contudo, a indústria com capacidade para produzir produtos de alto valor acrescentado representa menos de 15% do total produzido.

Actualmente, existe uma grande preocupação pela rentabilidade da indústria madeireira que não se mostra capaz de responder as necessidades do mercado nacional, porque a maioria destas unidades (serrações) de processamento apresenta aproveitamentos baixos com cerca de 30% de rendimento da madeira serrada (Alberto, *et al.*, 2003). Esta situação é derivada da manutenção inadequada dos equipamentos que leva a constantes interrupções na produção e resulta em uma baixa produtividade. Além disso, os produtos obtidos são de baixa qualidade (Ipex, 2003).

A precaridade não se encontra somente nos equipamentos. As instalações, incluindo as infra-estruturas relacionados com o abastecimento (água, energia e outras), também, encontram-se deterioradas, constituindo outra componente da produção. O conjunto destes factores tem, também implicações em aspectos relacionados com a segurança e saúde dos trabalhadores. Estes aspectos, também, contribuem para a redução da produtividade e têm impacto directo nos custos de produção (Ipex, 2003).

A operação de serragem é dependente da experiência do operador da máquina principal na visualização de todas as alternativas no toro de acordo com as suas características (diâmetro e defeitos) para a tomada de decisão visando a retirada de peças de madeira para atender os objectivos da empresa (Manhiça, *et al* 2013). A falta de experiência na parte dos operadores, na maioria das vezes, resulta em níveis relativamente baixos na eficiência operacional de produção de madeira serrada. A eficiência de conversão de toros em madeira serrada pode afectar amplamente as serrações que processam a madeira de florestas plantadas de rápido crescimento, pois, trata-se de toros de pequenas dimensões e homogéneas, requerendo elevada produção na serração, em razão do baixo valor do produto final. A eficiência constitui uma das ferramentas fundamentais para avaliar o desempenho da serração nas operações de serragem (Manhiça, *et al* 2013).

De acordo com Gomes e Sampaio (2004), o uso de tecnologia sofisticada, aliada ao treinamento de operários, minimiza a possibilidade de perdas e pode aumentar a eficiência no processamento da madeira, obtendo-se maior produção e menor geração de resíduos.

A eficiência no processo de transformação da matéria-prima em produtos pelo sector madeireiro, é fundamental para redução de custos de produção e, conseqüente aumento de rendimento operacional (Biasi, 2005). A melhoria da eficiência na conversão de toros é um dos pontos de partida para a solução desse problema (Ipex, 2003).

De acordo com Lima e Silva (2005), os resíduos de madeira gerados por seu processamento podem deixar de ser risco ao meio ambiente e passar a gerar lucro para a empresa que os produz, além do que pode-se apresentar alternativas para sua utilização como matéria-prima de diversos outros produtos.

Visto que em Moçambique a maior parte das serrações tem-se verificado grandes desperdícios da madeira serrada o presente trabalho tem como objectivo de avaliar a eficiência operacional e quantificar os resíduos na serragem da Madeira de *Brachystegia spiciformis*, na empresa LevasFlor, para direccionar as pequenas serrações produtoras na tomada de decisões operacionais, contribuindo para o desenvolvimento socioeconómico.

1.1.Problema e justificativa

O uso de maquinarias obsoletas e técnicas não adequadas aliadas a fraca experiencia dos operadores tem gerado baixo rendimento no processamento de madeira serrada, gerando assim maiores quantidades de desperdício de madeira nas serrações (Falcão, 2005).

Esse problema têm se verificado na empresa LevasFlor, onde ao baixo nível de treinamento de operadores e uso de maquinaria de baixa qualidade, tem influenciado no baixo aproveitamento, acabando se assim em gerar grandes quantidades de resíduos. A falta de experiencia na parte dos operadores, na maioria das vezes, resulta em níveis relativamente baixos na eficiência operacional de produção de madeira serrada, aumentando se o tempo de serragem e produzindo pouco ou seja obtendo pouco volume de madeira serrada por m³/dia.

As indústrias de base florestal têm baixo rendimento e geram grande quantidade de resíduos no processo produtivo, principalmente as indústrias de transformação primária. O aumento progressivo da quantidade de madeira desdobrada tem revelado problemas como o consumo da matéria-prima (Madeira), em um momento que o mercado apresenta a diminuição da mesma, além da disponibilização de quantidades ainda maiores de resíduos, que muitas vezes não tem utilização na indústria, onde os mesmos foram gerados (Brand *et al.*, 2002).

Os resíduos madeireiros, destaca-se que quando dispostos de forma inadequada, estes materiais podem ser considerados fontes poluidoras do meio ambiente. Contudo, para garantir qualidade ao produto final, maximizar o valor da matéria-prima e de seus produtos durante a fase de produção, a empresa deve incluir medições e avaliações do processo produtivo no seu programa de controlo de qualidade. Tais programas compreendem o estudo da utilização do tempo e o seu emprego em diferentes etapas do processo produtivo, obtendo assim bases para avaliações e modificações do processo, (Magnago 2015).

Muito está sendo falado a respeito da melhoria da qualidade da madeira serrada proveniente de florestas nativas, no mercado internacional de madeira serrada e produtos florestais em geral, visando o fortalecimento do sector e da economia nacional. Porém, de um modo geral, a serração de LevasFlor possuem poucos estudos a respeito de rendimento, eficiência operacional e quantificação dos resíduos, o que é uma realidade que precisa ser mudada.

Desta forma, levantar informações referentes ao rendimento em madeira serrada e quantificar os subprodutos deste processo são acções necessárias para o melhor aproveitamento de espécies na indústria madeireira (Biasi e Silva, 2005). Além disso, estas informações podem subsidiar futuras

decisões sobre o desempenho industrial da empresa como a redução de gastos e diminuição de perdas no processo produtivo, pode aumentar a eficiência no processamento da madeira, obtendo-se maior produção e menor geração de resíduos (Piovesan *et al.*, 2013). A eficiência é fundamental para redução de custos de produção e, conseqüente aumento de rendimento operacional (BIASI, 2005).

1.2.Objectivos

1.2.1.Geral

- Avaliar a eficiência operacional e quantificar os resíduos na serragem da Madeira de *Brachystegia spiciformis*na empresa LevasFlor.

1.2.2.Específicos

- Determinar o rendimento da madeira serrada por cada classe diamétrica;
- Quantificar o volume de resíduos produzidos;
- Determinar a eficiência operacional da serração.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Descrição da espécie em estudo

2.1.1 Classificação taxinómica de *Brachystegia spiciformis*

Reino: Plantae

Divisão: Magnoliophyta

Classe: Magnoliopsida

Família: Leguminosa

Género: *Brachystegia*

Espécie: *Brachystegia spiciformis*

2.1.2 *Brachystegia spiciformis* (Messassa)

Brachystegia spiciformis é uma árvore africana, da família das Leguminosas, a árvore no seu estado madura tem em média geralmente entre 8 e 15 m de altura e 30 a 60 cm de diâmetro no peito. Mas a altura pode variar muito, dependendo das características do sítio. Muitos são menores, especialmente em locais mais secos, mas ocasionalmente crescem até 30 m de altura (Grundy, 1995).

A madeira de *Brachystegia* apresenta um cerne castanho de tom variável desde o castanho – claro – amarelo até suavemente avermelhado ou escuro. Apresenta manchas irregulares em faixas largas ou finas orientadas longitudinalmente, medianamente brilhante, grã revessa e textura média a grosseira (Bunster, 2006).

Muito susceptível ao ataque de insectos principalmente do género *Lyctus*, susceptível também ao fungos manchadores. Seca lentamente fendendo, resistente as impregnações (Bunster, 2006).

Fácil de serrar porém difícil de aplainar, aceita relativamente bem pregos e parafusos. Dá um bom acabamento, recebe bem a tinta, o verniz e a cera (Bunster, 2006).

Brachystegia spiciformis é usada na construção de habitação, mercenária e para obtenção de fibras (cordas) para os mais variados fins; usada para travessas (com prévio tratamento preservativo), estaleiro de minas (Bunster, 2006).

2.1.3 Propriedades físicas

Na tabela 1 estão representadas as Propriedades físicas de *Brachystegia spiciformes*

Tabela 1. Propriedades físicas de *Brachystegia spiciformes*

Propriedade	Valor médio	Qualificação
Densidade:		
➤ Normal (12%)	710	Medianamente pesada
➤ Básica	588	
Retracção:		
➤ Volumétrica total (%)	13,6	Medianamente retráctil
➤ Coeficiente radial	0,23	
➤ Coeficiente tangencial	0,29	
Ponto de saturação de fibra	26	Médio

Fonte: Bunster, 2006.

2.1.4 Propriedades mecânicas (tensões de rotura em N/ mm²)

Na tabela 2 estão representadas as Propriedades mecânicas de *Brachystegiaspiciformes*

Tabela 2. Propriedades mecânicas de *Brachystegia spiciformes*

Propriedade	Valor médio	Qualificação
Flexão estática:		
➤ Tensão de rotura	126	Medianamente resistente
Flexão dinâmica:		
➤ Coeficiente de resiliência	0,30	Pouco resiliente
Compressão axial		
➤ Tensão de rotura	60	Medianamente resistente
Tracção transversal		
➤ Tensão de rotura	3.3	Medianamente resistente

Fonte: Bunster, 2006.

2.2 Situação das indústrias madeireiras em Moçambique

Raimundo (2001) e Lima (2005), definem madeira serrada como sendo produto obtido a partir da serragem de toros por meio de serras, desde que esse produto tenha espessura superior à 5mm. Estes

autores referem ainda que as peças de madeira serrada são designadas conforme os formatos, dimensões e usos das mesmas, sendo as principais: pranchas, vigas, tábuas, sarrafos, ripas e caibros.

As indústrias florestais são constituídas por serrações e carpintarias. A maior parte destas indústrias estão localizadas na zona centro e norte, nomeadamente nas províncias de Sofala, Zambézia, Nampula, Cabo Delgado e Manica (Chitará, 2003).

Nas indústrias madeireiras de transformação primária (serrações) do país a capacidade estimada e actual de produção das serrações é de aproximadamente 120.000 m³/ano e 65.000 m³/ano de madeira serrada, respectivamente. Em que as províncias de Manica, Sofala e Zambézia constituem as províncias com maior capacidade de produção (Eureka, 2001).

De acordo com a (Egas, 2000) e (Falcão, 2005), a indústria madeireira é caracterizada por possuir maquinaria obsoleta de baixo rendimento e eficiência industrial com dificuldades de adquirir sobressalentes o que faz com que uma grande parte delas funcione com deficiência ou esteja paralisada. A capacidade de produção varia entre 5 a 10 m³ por dia.

As serrações de Moçambique são em sua totalidade de pequeno e médio porte, em virtude dos baixos níveis tecnológicos disponíveis no país. Nestas indústrias, os rendimentos em madeira serrada dependem principalmente dos esquemas de corte, qualidade e dimensões dos toros, tipo de produto, além do tipo de máquinas e ferramentas de corte (Manhiça, 2010).

Segundo Silva (2002), o aumento progressivo da quantidade de madeira serrada tem revelado problemas como a disponibilização de quantidades ainda maiores de resíduos, que muitas vezes não tem utilização na indústria, onde os mesmos foram gerados, entretanto a disponibilização dos resíduos sem destinação adequada gera graves problemas ambientais como assoreamento e poluição dos rios, poluição do ar devido a queima para a eliminação dos mesmos.

Para minimizar os problemas causados pelo despejo inadequado desses resíduos, podem-se utilizar alternativas racionais como revestimento de jardins e vasos de planta, geração de energia, compostagem e artesanato (Mady, 2000; Fagundes, 2003).

2.3 Serração

Segundo (Egas, 2000) serração é o local onde os toros são recebidos, armazenados e processados em madeira serrada, sendo posteriormente estocados por um determinado período para secagem.

De acordo com o mesmo autor, serrações são constituída basicamente por depósito de matéria-prima, área destinada a maquinaria, local para a classificação da madeira serrada e o depósito da madeira serrada.

2.4 Classificação das Serrações

A classificação das serrações, existem na literatura em diversas maneiras, as quais consideram tamanho, tipo de matéria-prima, equipamentos utilizados e produtividade. Porém, a forma mais conveniente de se classificar uma serração é através da sua produção. Segundo (Egas, 2000; Lima 2005, tem-se três tipos de serrações: As pequenas, com um consumo de até 50 m³ de toros por dia ou turno; Médias, com consumo de 50 a 100 m³ de toros por dia ou turno; e grandes, com consumo acima de 100m³ por dia ou turno. As serrações ainda podem ser classificadas como serrações fixas ou móveis. As serrações fixas, são aquelas instaladas em um local fixo e a matéria-prima é deslocada até a mesma. As serrações móveis são unidades compactas que podem ser transportadas até a floresta de acordo com a disponibilidade da matéria-prima, e cuja vantagem é de que todo o resíduo fica no campo, isto é, somente a madeira serrada é transportada para indústria para fins de comercialização.

2.4.1 Serragem Principal

A serragem principal é toda operação de serragem realizada com equipamentos de grandes dimensões, os quais geralmente necessitam de muita energia para seu funcionamento. As serras principais têm a função de reduzir as dimensões dos toros em peças de mais fácil trabalhabilidade que serão enviadas a equipamentos de menor porte para as operações secundárias (Rocha, 2002; Chitará, 2003).

2.4.2 Serragem Secundário

Após a realização da serragem principal da madeira são realizadas as operações de serragem secundário nas resserradeiras que visam a redução das dimensões das peças de acordo com a finalidade, seja no comprimento, na largura ou na espessura. As máquinas utilizadas na serragem secundário são geralmente serras circulares. Porém, em algumas operações é muito frequente o uso de serras fitas de pequeno porte e serras alternativas ou de quadro (Rocha, 2002).

2.5 Classificação dos Sistemas de serragem

Os sistemas de serragem da madeira podem ser classificados em função de determinadas características. Quanto aos anéis de crescimento e raios lenhosos a serragem pode ser tangencial ou radial, (Silva, 2001).

2.5.1 Corte tangencial

Este método de serragem é o mais utilizado na serragem de toros em serrações. Consiste em se fazer cortes longitudinais paralelos, dividindo o toro em várias peças de faces paralelas.

Apesar da facilidade e da precisão, quando realizado com serras paralelas, este método pode ocasionar sérias perdas e grande parte da madeira não pode ser aproveitada. O método não oferece resistência às deformações naturais da madeira serrada durante a operação, possibilitando a manifestação imediata dos defeitos das tensões de crescimento, que são as maiores causadoras do rachamento dos toros e das pranchas, ocasionando perdas de rendimento e da qualidade da madeira (Silva, 2001; Bila *et al.*, 2014).

Vantagens e desvantagens segundo os mesmos autores:

Vantagens

- ✓ Aplicação em toros de qualquer diâmetro;
- ✓ Rendimento de madeira serrada maior, tanto por hora/máquina como hora/homem;
- ✓ Em madeira com anéis de crescimento visíveis, se obtém uma maior percentagem de peças com as superfícies apresentando desenhos angulares ou elípticos. Enquanto no corte radial as superfícies apresentam-se com desenhos menos atractivos;

Desvantagens

- ✓ Os nós atravessam a peça obtida em sua espessura. Como consequência, apresentam-se nas superfícies com formas circulares ou ovais diminuindo a resistência mecânica da peça;
- ✓ Contração menor em espessura para as peças com superfícies tangenciais;
- ✓ Contração no sentido do comprimento é maior em superfícies tangenciais;
- ✓ Em madeiras susceptíveis ao colapso, este apresenta-se em menor proporção em superfícies tangenciais;
- ✓ Maior encanoamento para as peças com cortes tangenciais.

2.5.2 Corte radial

É o mais utilizado na serragem de madeiras para fins decorativos, pois evidencia o brilho das faixas de parênquima dos raios lenhosos. Faz-se a serragem do toro no sentido radial de modo que as superfícies serradas apresentem a maior área possível na direcção dos raios. Silva (2001), afirma que os cortes radiais, objectivam a obtenção de tábuas com faces paralelas aos raios. Uma peça de madeira é considerada completamente radial quando os anéis de crescimento possuem um ângulo superior a 80^0 em relação a face da tábua.

Vantagens e desvantagens do corte radial segundo silva 2001.

Vantagens

- ✓ Permite aproveitar as qualidades estéticas de madeiras que possuem raios lenhosos largos ou grã espiralado, melhor aparência da madeira (qualidade da superfície), por meio da disposição dos raios e do grã (posição das fibras em relação ao eixo longitudinal do tronco);
- ✓ Em espécies propensas ao colapso, este é mais frequente e mais marcante em peças radiais, as tábuas radiais susceptíveis ao colapso, durante a secagem, são mais facilmente reconhecidas;
- ✓ Em geral, peças radiais são mais estáveis durante a secagem, as tábuas radiais são menos susceptíveis ao encanoamento e ao fendilhamento;

Desvantagens

- ✓ Peças radiais não permitem a passagem de líquidos;
- ✓ Peças com superfícies radiais sofrem contracção em espessura e menor na largura;
- ✓ Menor contracção no sentido da largura da tábua, ocasionando menor movimentação em serviço.

2.6 Rendimento

O rendimento da madeira serrada (ou percentagem de aproveitamento) é a relação entre o volume de madeira serrada produzido e o volume dos toros antes da serragem, expresso em percentagem. Esse coeficiente é afectado pela interacção de diversos factores, sendo os mais importantes o diâmetro, o comprimento, a conicidade, a qualidade dos toros e o número de produtos alternativos (Steele, 1984; Bila *et al.*, 2014).

Para Rocha (2002), o rendimento na serragem varia de 55% a 65% para coníferas e entre 45% e 55% para folhosas, considerando que não somente a espécie afecta o rendimento, mas que este será maior ou menor em função da qualidade dos toros, equipamentos, técnicas de serragem e da qualificação profissional dos operários.

A transformação de toros em tábuas, pranchas, vigas ou outras peças de madeira implica em diferentes quantidades de perdas, podendo variar de acordo com os factores que influem no seu volume, sejam eles: a natureza da matéria-prima, a eficiência das máquinas empregadas pela indústria e as exigências do mercado (Rocha, 2002; Lima, 2005).

O rendimento ou percentagem de aproveitamento depende basicamente de: volume total de madeiras em toros utilizada pela serração; tipo de serragem utilizado; dimensões finais da peça desejada (número de cortes feitos); máquinas utilizadas e tipo de mão-de-obra utilizada (especializada ou não) (Egas, 2000; Latorraca, 2004). As serrações produzem produtos diversos oriundos da madeira e são responsáveis pela serragem primária dos toros em madeira serrada.

O rendimento da serração não depende unicamente da eficiência de seus equipamentos, mas também dos defeitos internos dos toros tanto em maior como em menor grau. Além dos defeitos internos estão relacionados os parâmetros de tempo de estocagem da madeira nos pátios dentro da mata e o comprimento dos toros (Latorraca, 2004).

O índice de rendimento dos toros no processo industrial sofre variações em função do tipo e tamanho das indústrias, equipamentos e espécies utilizadas, indicando que as principais perdas são as costaneiras e o pó de serra (serragem). Esse índice pode variar de 25 a 70% do volume do toro (Fontes, 1994; Silva 2005). Se destaca a escolha do modelo de corte, que afecta directamente a eficiência da serração, rendimento e a qualidade da madeira serrada.

A escolha do modelo de corte vai depender da qualidade da madeira a ser processada, do tipo de equipamento disponível na serração, do nível de automação e da qualidade desejada da madeira serrada (Vital, 2008).

Segundo Rocha (2002, Carreira 2003), para se ter um bom desempenho das operações dentro de uma serração, o que garante melhor rendimento, produto de melhor qualidade e redução dos riscos de acidentes, entre outros factores, é necessário que os responsáveis pelo gerenciamento conheçam e definam todas as operações executadas, desde a entrada dos toros até a madeira serrada em suas dimensões finais.

2.6.1 Factores que afectam o rendimento

2.6.1.1.O diâmetro do toro

O diâmetro dos toros é um dos factores que mais afecta a eficiência de serragem tanto que chegou se a concluir que o processamento de toros de pequenos diâmetros resulta uma maior perda de madeira o que vai afectar negativamente o rendimento, no entanto quando os toros apresentam um maior diâmetro a perda é minimizada e se observa um maior incremento no rendimento (Rocha, 2002).

Porém nem sempre os toros de pequenos diâmetros resultam num baixo rendimento, pois essa tendência pode ser invertida caso haja uma boa selecção do operador. As serrações que processam toros de coníferas de pequenos diâmetros, o rendimento cresce rapidamente quando se considera toros a partir de 15 cm até 30 cm de diâmetro. Entretanto, a partir de 30 cm regista-se um crescimento menos acentuado (Ponce, 1984; Carreira 2003).

2.6.1.2. Comprimento

Ao serrar toros longos geralmente perde se grandes quantidades de madeira em forma de costaneiras na serra principal e em forma de outros subprodutos no corte longitudinal na canteadora, isto porque a medida que o comprimento do toro aumenta, incrementa se a diferença entre os dois diâmetros nas

extremidades do toro, no entanto uma das formas de aumentar o rendimento é o processamento de toros curtos, mas obedecendo os parâmetros exigidos no mercado (Egas, 2000; Latorraca, 2004).

2.6.1.3. Qualidade dos toros ou da matéria-prima

Segundo Tsoumis (1991) e Bila *et al.*, (2014)., a qualidade dos toros tem uma grande influência sobre o rendimento e as principais características que descrevem a qualidade dos toros estão relacionadas com a forma do toro e os defeitos visíveis na superfície do toro.

Segundo Egas (2000), o rendimento diminui com a redução da qualidade dos toros, isto porque se despende muita madeira na tentativa de eliminar uma determinada anomalia nos toros de baixa qualidade e para além da perda da madeira ocorre também uma redução da velocidade de processamento. Porém apesar de existirem vários defeitos que podem influenciar no rendimento há que destacar dois factores que são: conicidade e a tortuosidade.

2.6.1.4. A conicidade

O rendimento é também severamente afectado pela morfologia dos toros (tortuosidade e conicidade). Especificamente, a conicidade torna se um defeito quando o diâmetro do toro diminui em mais de 1 cm em cada metro do seu comprimento (Egas, 2000; Lima 2005),

A conicidade do fuste pode ser influenciada pelo espaçamento, tanto que nos espaçamentos menores as árvores tendem a ganhar uma forma mais cilíndrica, isto é, menos cónica, isto ocorre devido a competição, o que vai resultar numa diminuição da altura da copa em função do desrame ou morte dos galhos inferiores. No entanto a maior conicidade nos espaçamentos maiores deve se a manutenção de uma maior altura da copa e consequentemente um maior crescimento do diâmetro da base (Tsoumis, 1991).

Segundo Ponce (1984), conicidade tem grandes implicações sob o rendimento, pois os toros que apresentam uma maior conicidade ocasionam baixos níveis de rendimento, devido a retirada de um maior volume das costaneiras, porém a conicidade pode em parte ser controlada por medidas silviculturais adequadas, como poda, espaçamento.

2.6.1.5. Tortuosidade

Segundo Manhiça (2010), a tortuosidade é um factor a considerar, pois toros com elevada tortuosidade geram maior desperdício devido à retirada de maiores costaneiras, para além de limitar o comprimento das peças, ou seja, não permite o aproveitamento total do toro o que afecta negativamente o rendimento.

2.7. Métodos de classificação da madeira serrada

Segundo Carreira, (2003); Silva, (2005), existem basicamente dois tipos de classificação da madeira: a visual e a mecânica. Na classificação visual, como o próprio nome a indica é realizado um exame visual das peças identificando os defeitos que podem afectar a resistência da madeira, segundo o tipo, tamanho e localização. E assim, dentro de limitantes pré-determinados, a madeira é seleccionada em classes de qualidade.

Na classificação mecânica a madeira é avaliada por meio de testes não destrutivos, seguidos de uma inspecção visual para avaliar aspectos que não podem ser avaliadas pela máquina. São três os tipos principais de classificação mecânica da madeira: a classificação mecânica por tensões (MSR), a avaliação mecânica da madeira (MEL).

De acordo com Egas, (2002), as peças obtidas durante a elaboração primária de toros são produtos muito variáveis em termos de dimensões e qualidade como resultado de variações na qualidade e dimensões dos toros, nas estratégias de serragem e no funcionamento da maquinaria utilizada no processo de corte. Devido a estas variações que podem chegar a ser críticas, resulta transcendental estabelecer certas regulações denominadas normas de classificação de madeira serrada que permitem atribuir uma determinada classe de qualidade à madeira serrada com base num grupo de características bem conhecidas. Além do factor espécie ou grupo de espécies que geralmente é o primeiro elemento a considerar, existem outros grupos de critérios para a classificação da madeira serrada:

1. Os que partem das dimensões dos surtidos. Um exemplo é a norma cubana publicada pelo Instituto de Desenvolvimento e Aproveitamento Florestal em 1978, titulada “Classificação da madeira espécies coníferas”, cuja classificação dimensional ilustra-se na tabela 3 a baixo.

Tabela 3: A Tabela é usada para a classificação da madeira segundo as dimensões de espessura e largura das peças em milímetros.

Denominação	Requisitos técnicos
Segundo as dimensões de espessura e largura das peças em milímetros	
Varas	13 mm X 13 mm a 75mm até 50 mm X 75 mm
Tábuas	13 mm X 100 mm a 300 mm até 63mm X 300 mm
Vigas	75 mm X 75 mm a 125 mm até 100 mm X 125 mm
Tábuas grandes	75 mm X 150 mm a 300 mm até 100 mm X 125 mm

Bloques	Maiores de 125 mm X 125 mm A peça 63 mm X 63 mm é classificada como viga
Segundo a espessura das peças	
Delgada	Até 32 mm
Espessa	Maior de 32 mm
Segundo o comprimento das peças	
Curta	De 0.5 m a 0.9 m
Média	De 1 m a 1.9 m
Comprida	Maior de 2 m

Fonte: Egas, (2002)

2. Os que se baseiam no grau de incidência e características de defeitos como nós, podridões, ataque de insectos, rachas, presença costeiros, bolsas de resina, variação nas dimensões nominais, falhas na compressão e direcção do grã. Nas normas estabelecidas com base nestes critérios, conhecidas também por classificação por aparência, o tamanho e características dos nós são considerados como sendo defeitos mais importantes.

Zenid (1990), considera outros métodos para a classificação da madeira serrada:

2.7.1. Método de rendimento de cortes limpos

O uso deste método supõe que as peças de madeira serrada produzidas serão recortadas em peças mais curtas. Consiste basicamente em obter porções rectangulares livres de defeitos (cortes limpos) numa cara da peça (geralmente a pior cara) e relacionar a área total dessas porções limpas com a área total da peça, obtendo desta maneira o rendimento. As classes de qualidade são estabelecidas de acordo com as dimensões da peça, dimensões dos cortes, número de cortes e rendimento dos cortes limpos, Zenid (1990),

2.7.2. Método baseado no uso final

Este método consta de dois grupos de classificação, de acordo com o uso final da madeira: (1) classificação para uso em estruturas onde as propriedades mecânicas são decisivas e (2) classificações específicas, onde as peças são entregues em dimensões exactas para usos bem definidos. A classificação para uso em estruturas pode ser efectuada através do método visual ou mediante ao método mecânico. O método visual baseia-se no facto de que os defeitos afectam a resistência e a rigidez das peças de madeira. As normas de classificação especificam, portanto, tolerância para os tipos de defeito; seu tamanho, quantidade, posição devem ser comparados visualmente pela norma de classificação peça a peça. O método mecânico é mais preciso que o anterior e baseia-se na existência

de uma estreita correlação entre o módulo de elasticidade da peça e classifica-a por meio de um computador, graduando-a segundo a sua resistência à flexão. A madeira serrada de coníferas geralmente é menos afectada por defeitos como nós com podridões, furo de insectos e podridão da medula. Não obstante, há um grupo de defeitos que são comuns na madeira serrada deste grupo de espécies como são as bolsas de resina, anéis deslocados, madeira de compressão (Zenid, 1990).

2.8. Resíduos

O resíduo é considerado uma forma de desperdício de matéria-prima não aproveitada, podendo ocorrer em diferentes formas. A geração de resíduos da indústria florestal tem mostrado valores expressivos, o que leva a considerar seriamente a sua utilização na cadeia produtiva, pois não apresenta somente um problema económico, por meio do desperdício, como também um grave problema de carácter ambiental. (Araujo, 2003)

A conversão de toros em tábuas, pranchas, vigas ou outras peças de madeira implica, necessariamente, a produção de uma quantidade maior ou menor de desperdício, segundo os factores que influem no seu volume, como a natureza da matéria-prima, a eficiência das máquinas empregadas pela indústria e as exigências do mercado. Este último aspecto exerce influência nas quantidades relativas de madeira serrada de diversas espessuras e comprimentos solicitados, já que, por exemplo, a obtenção de tábuas mais finas requer maior quantidade de cortes, o que aumenta o desperdício em forma de serragem (Valério, *et al.*, 2007).

A produção de resíduos é directamente proporcional ao volume produzido de madeira serrada, podendo tornar-se um problema para as serrações caso esse material não seja adequadamente aproveitado. Os resíduos podem ser utilizados na fabricação de pequenos produtos de madeira, contribuindo para a racionalização dos recursos florestais e proporcionando uma nova alternativa socioeconómica às empresas (Araujo, 2003; Wyse, 2007).

Para da Costa (2004), a serradura (ou pó de serra), formada por pequenas partículas de madeira, é o produto da passagem da serra de redução dos toros, sendo em certos estados o resíduo de menor interesse para o mercado, por ser de elevada impureza, embora se apresente em maior volume nos pátios das serrações. Os resíduos da indústria de transformação mecânica da madeira são considerados como um dos maiores problemas do sector florestal, não só pelos custos do seu armazenamento ou destino, mas também porque são causadores da contaminação ambiental (Conaf, 1995).

A possibilidade de utilização de sobras e resíduos de madeira na fabricação de painéis e chapas de madeira reconstituída serve para aumentar a sustentabilidade na utilização das florestas,

especialmente das plantadas, servindo como insumo na produção madeireira (Conaf, 1995; Fagundes 2003).

Assim, o maior aproveitamento no processo produtivo, quando empregado o uso múltiplo dos recursos naturais, garante a redução de custos da matéria-prima, agregando-se valores aos multiprodutos gerados pela utilização alternativa dos resíduos, além de que, dessa forma, a parte ambiental também é significativamente contemplada, pois, segundo Yuba (2001) e Costa (2004), algumas das soluções adotadas entre as serrações que não têm consumidores para os resíduos produzidos é a queima e a deposição irregular, que resultam em poluição do ar, solo e água, pelo desequilíbrio gerado no meio ambiente.

2.8.1 Classificação dos resíduos

Numazawa *et al.*, (2005), classificaram os resíduos da indústria madeireira como:

2.8.1.1. Serradura – resíduos originados da operação de serras, encontrados em todos os tipos de indústrias madeireiras;

2.8.1.2. Cepilho – também muito conhecido por maravalha, resíduos gerados pelas plainas nos processos de serragem ou marcenarias;

2.8.1.3. Lenha – típico dos resíduos de maiores volumes e com uma tendência em gerar novos produtos de menores dimensões. São gerados em todas as madeireiras, e compostos da lenha: costaneiras, topos de toros e restos de laminados. Os resíduos são gerados ao longo de toda a cadeia produtiva.

A quantidade e os tipos gerados variam com as características da floresta, da espécie, da natureza da matéria-prima, do produto, do grau de processamento, da eficiência do processo de transformação (Nolasco; Numazawa *et al.*, 2005).

2.9. Percentagem de serradura

Segundo Egas (2000), é com base na percentagem de volume do toro que se faz avaliação da quantidade de serradura no processo de serragem.

O mesmo autor relata que a ocorrência de valores de desperdícios de serradura altos numa serração pode contribuir para que se faça uma reavaliação dos esquemas de corte empregados. O intervalo da variação dos desperdícios de serradura é bastante grande, geralmente vai de 6 a 20%, dependendo da dimensão dos produtos, espessura da linha de corte, esquemas de corte e diâmetro do toro.

2.9.1. Outros desperdícios

Segundo Costa (2004); Numazawa *et al.*, (2005), para a classificação de outros desperdícios incluem-se os desperdícios produzidos no processo de serragem, sem contar com a serradura. A percentagem de outros desperdícios é muito variável e pode atingir valores tão baixos como 20% e valores tão altos como 70% de acordo com o diâmetro, comprimento e quantidade dos toros processados, os esquemas de corte e de traçagem.

2.10. Aproveitamento de resíduos madeireiros

A produção de resíduos é directamente proporcional ao volume produzido de madeira serrada, podendo tornar-se um problema para as serrações caso esse material não seja adequadamente aproveitado. Os resíduos podem ser utilizados na fabricação de pequenos produtos de madeira, contribuindo para a racionalização dos recursos florestais e proporcionando uma nova alternativa socioeconómica às empresas (Wyse, 2007).

Paula, (2006); Wyse, (2007), salientam que existem várias opções de aproveitamento dos resíduos de madeira, como a geração de energia (a principal delas), uso na produção de painéis reconstituídos, fabricação de pequenos objectos de madeira, decoração, compostagem, entre outras. O que vai definir qual a melhor destinação dos resíduos é a sua gramatura, o mercado local, a logística, a disponibilidade de equipamentos, o volume disponível e a relação custo-benefício.

Em um estudo para analisar os destinos dos resíduos madeireiros em uma usina de reciclagem de madeira, Silva *et al.*, (2006), constataram que os resíduos com granulometria até 4,8 mm são enviados para empresas de fabricação de chapas de fibra, e os resíduos com granulometria entre 9,5 e 50 mm são vendidos como biomassa para geração de energia. Para solucionar os problemas provenientes dos resíduos gerados e obter o maior rendimento possível nas empresas é necessário o conhecimento dos factores geradores, do volume e tipos, da sazonalidade e os possíveis usos que podem ser dados a estes materiais. Sendo então, fundamental a realização de análise de cada fase do processo produtivo (Brand *et al.*, 2002).

2.9 Eficiência operacional da serração

De acordo com (Rocha, 2002 e Tsoumus, 1991), a eficiência indica a demanda de toros de uma serração, e é importante para a planificação de suas operações. Portanto, a eficiência é afectada por alguns factores como a madeira (espécie, dureza e presença de defeitos), técnicas de serragem, operador (número e experiência), lay-out da serração, características e condições dos equipamentos, grau de automação da serração. Também afirma que existem serrações que operam com eficiências

variando de 0,1 m³/operário/dia até 50 m³/operário/dia, dependendo do grau de automação e mecanização.

Segundo Latorraca (2004), a avaliação da eficiência está em desuso actualmente, devido à automação, onde o processo é controlado por poucos ou apenas um operador, através de comandos electrónicos. Porém, o autor afirma que, em serrações de pequeno e médio porte, onde o grau de automação é baixo, tal informação é importante para as tomadas de decisão do reajusto do número de operários utilizados em cada actividade, além de se saber a produtividade de cada operário por ciclo de trabalho, o que possibilita uma avaliação custo/benefício de cada operário.

A eficiência expressa a relação entre o volume de toros serrados por período ou turno e o número de operários envolvidos em todas as operações de serragem da madeira (Rocha, 1999).

O estudo de eficiência operacional é importante principalmente em serração de pequeno e médio porte, onde o grau de automação é menos elevado. Esse parâmetro gera informações necessárias para tomada de decisões importantes como realocação de funcionários por actividade e/ou turno (Zanella, 2016). Nesse sentido, tão importante quanto avaliar o grau de influência da qualidade da matéria-prima na produtividade da indústria de madeira serrada é avaliar também de que forma a distribuição das actividades relacionadas ao processamento e seus gargalos impactam na eficiência da sua conversão em produtos sólidos.

3. METODOLOGIA

3.1 Descrição da área do estudo

O estudo foi realizado no distrito de Cheringoma que está situado a Nordeste da Província de Sofala, sendo limitado a Norte pelos Distritos de Marromeu e Caia, a Sul pelo Distrito de Muanza, a Oeste pelos Distritos de Gorongosa e Marimingué e a Este pelo Oceano Índico (MAE, 2005).

A LevasFlor ocupa uma área de cerca de 46.000 ha, e tem como limite a norte estrada EN 213 entre Caia e Dondo é S 18°34'049' E 34°59'069' e o limite sul é S 18°49'001' E 34°50'402'. A área cobre cinco blocos 20, situando-se ao longo da estrada EN 213, entre vilas de Caia e Dondo, com a povoação de Condue no lado ocidente. Todos os blocos estendem-se para leste e são delimitados a oeste por alguns dos pequenos rios da zona. A área é atravessada pela linha férrea de Sena e a EN 213 (Caia-Dondo)(Massinga, 2008).

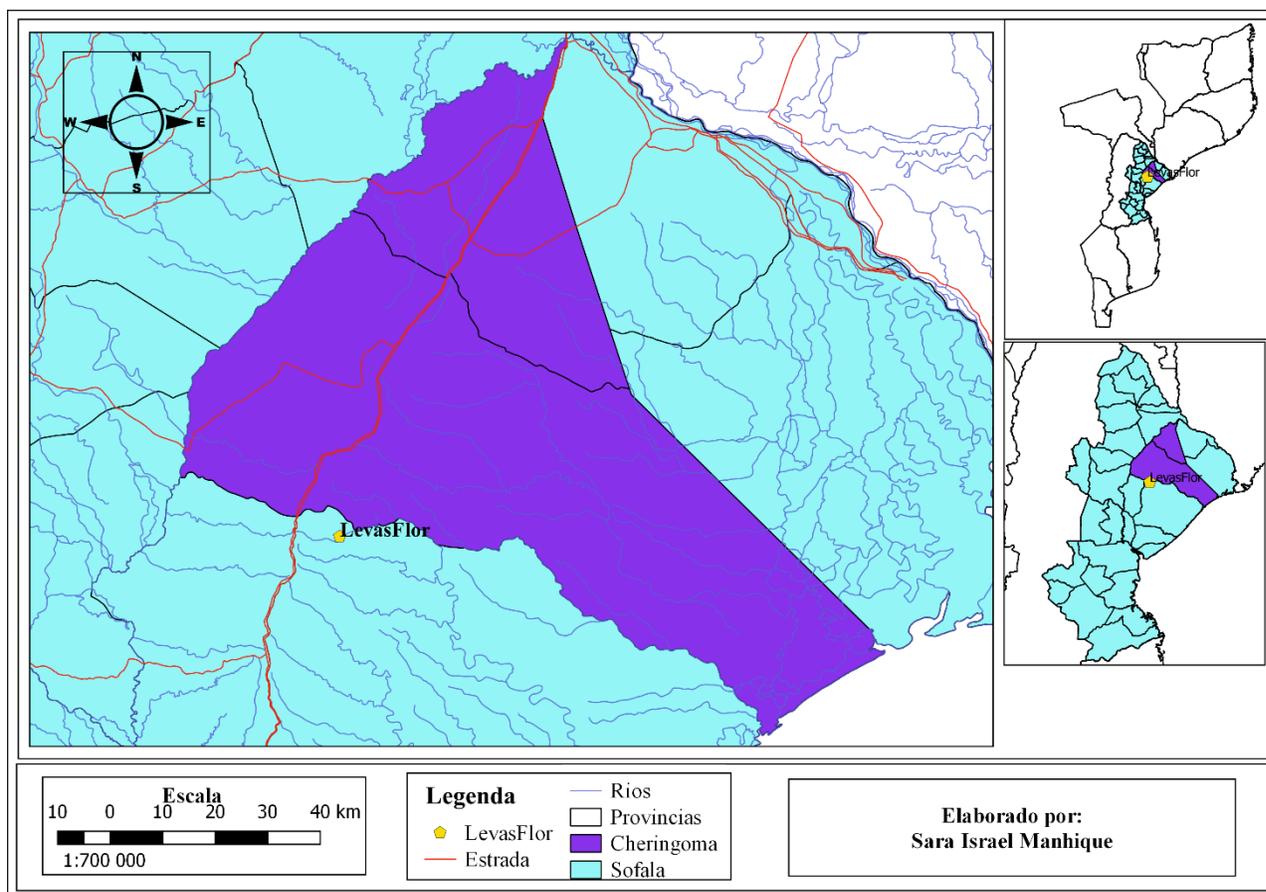


Figura 1. Mapa da área de estudo.

3.2 Clima

Segundo a classificação climática de Koppen o distrito apresenta um clima do tipo tropical chuvoso de savana (Aw). A distribuição das chuvas é desigual ao longo do ano, cerca de 57 a 73% da precipitação anual ocorre no período de Dezembro de um ano a Março do ano seguinte. A temperatura média anual do ar é de 24,2 °C, com uma amplitude média anual de 6,8 °C, com excepção da zona norte, na transição para o vale do Zambeze, onde a temperatura média anual é de 26°C (MAE, 2005).

3.3 Topografia e geologia

Os solos têm valores de pH que variam de 5 a 6.5, esta variação dá-se devido o resultado das condições climáticas e acção erosiva dos rios. Sendo a primeira a dos solos arenosos permeáveis com depósito de silício de cor amarelados ou alaranjados; avermelhados profundos (oxisolos). O ponto mais alto está situado na fronteira oeste ao longo da estrada Inhaminga-Condue a aproximadamente 174m acima do nível do mar. A área mais baixa em altitude encontra-se na direcção sul-este e o ponto mais baixo Bloco 36 a 110 m (MAE,2005).

3.4 Flora

Na concessão da empresa LevasFlor podem-se encontrar várias espécies florestais, as mais predominantes são: *Brachystegia spiciformis* e *Julbernardia globiflora*. E apresentam mais de 100 espécies dentre várias não identificadas pelo nome científico. Completando a lista das espécies mais comuns encontradas estão as seguintes: *Spirostachys africana*, *Breonadia microcephala*, *Sclerocarya birrea*, *Pterocarpus angolensis*, *Burkea africana*, *Guettarda speciosa*, *Xeroderris stuhlmannii*, *Afizelia quanzensis*, *Millettia stuhlmannii*, *Acacia nigrescens*, *Khayanyasica*, *Ambligonocarpus andogensis*, *Guibourtia conjugata*, *Strichno spotatorum*, *Pseudopersama mossambicensis*, *Swartzia madagascariensis*, *Erythrophloeums uaveolens*, e muitas outras (Falcão, 2012).

3.5 Descrição da Serração

A LevasFlor apresenta uma indústria que é constituída por uma Serração, Carpintaria e as suas instalações foram construídas de madeira e com uma capacidade de produção de 20m³/turno o que faz com que a serração seja pequena. A serração apresenta como maquinaria principal de serragem uma serra fita da marca Pinheiro simples com uma velocidade de alimentação de 1400mm, como uma espessura de linha de corte de 1mm e a inclinação das travas depende muito da espécie a ser serrada ou da dureza da madeira, e as complementares Resserradeira, Topejadora, Alinhadeira, Desengrossadeira. Os modelos (esquema de corte) usados para a serragem dos toros é o modelo tangencial e radial. Para esta actividade foi necessário o uso de manómetro para verificar a inclinação dos dentes, e para fazer travas dos dentes de acordo com o tipo de madeira:

- Para madeiras muito densas, a inclinação de travas era de 5-6 mm para serra fita grande e de 15-20 mm para serra fita pequena.
- Para madeiras menos densas, a inclinação de travas era de 7,5 mm para serra fita grande, e 25-30 mm para serra fita pequena (Rocha, 2002).

A matéria-prima provem da floresta de Miombo localizado no Distrito de Chirengoma, a empresa tem como produto final as travessas mas encomendada pela empresa Caminho de Ferro de Moçambique (CFM), tabuas, capatilhas, barrotes, parquets.

3.6. Materiais e métodos

Para a realização do trabalho foi usada uma serra fita para a serragem primaria dos toros, a fita métrica – para medir o comprimento dos toros, o diâmetro da base e do topo do toro, com ajuda do paquímetro digital mediu-se a espessura e a largura das peças, o mesmo instrumento foi usado para medir a espessura das lâminas, o relógio da trava foi usado para medir a trava, com o auxilio do cronometro mediu-se o tempo com que os operadores levavam para colocar o toro nas linhas de serragem e o tempo de serragem de cada toro e todos os dados foram anotados numa ficha previamente preparada.

3.7 Levantamento de dados

Para a colecta de dados foram seleccionados 52 toros organizados em classe diamétricas, onde o número de classes diamétricas foi determinado, utilizando-se a fórmula de Sturges em que esta por sua vez foi citado por (Valério, *et tal*, 2007) e é uma das maneiras mais conhecidas para estabelecer o número de classes para um conjunto de dados, utilizando se a fórmula 1 abaixo indicado:

$$\text{Nº de classes} = 1 + 1,4427 \text{ Ln} (n) \quad \text{Equação [1]}$$

Onde: n = o número de observações disponíveis;

Ln = logaritmo natural.

Primeiro obteve se amplitude de total dada pela diferença do diâmetro maior e diâmetro menor e posteriormente calculou se a amplitude de classes que equivale a relação entre amplitude de total e número de classes de modo a obter o intervalo de separação dos diâmetros, utilizando-se a fórmulas 2 e 3.

$$R = D_M - D_m \quad \text{Equação [2]}$$

Onde: R = amplitude de total; D_M = diâmetro maior; D_m = diâmetro menor

$$h = \frac{R}{K}$$

Equação [3]

Onde: h = amplitude de classes; k = número de classes

Os toros foram classificados em classes diamétricas, conforme apresentado na tabela 4.

Tabela 4. Número de toros por classes diamétricas.

Classes- diamétricas (cm)	Nr. Toros
34,9-40,9	17
40,9-46,9	19
46,9-52,9	6
52,9-58,9	6
>58,9	4
Total	52

Em cada toro seleccionado foi medido o diâmetro da base e do topo e depois foi medido o comprimento de cada toro e a espessura e largura da madeira serrada.

3.8 Classificação de madeira serrada segundo as classes de qualidade

A madeira serrada foi classificada em três classes de qualidade, da primeira (A), da segunda (B) e terceira classe (C) como mostra a tabela 5 abaixo:

Tabela 5. Classes de qualidade de madeira serrada

Classes de qualidade	Requisitos técnicos
1ª Classe (A)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Toda madeira sem nenhum defeito ou no, deve estar completamente sã, não deve conter furos de insectos; ➤ Não deve conter rachas ou indícios de ataque de fungos. ➤ A madeira serrada deve ser recto e com comprimento igual ou superior a 2 metros.

2ª Classe (B)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ A madeira serrada não deve ter mais de dois nós visíveis ao longo da sua superfície ou poucos defeitos. As rachas observadas a simples vista não devem ser superiores a 0.03m. ➤ O ataque da madeira por fungos não deve ser acentuado; a madeira não deve ter podridões. ➤ O madeira não deve ter mais de uma torcedura, nem um desvio maior ou acentuado.
3ª Classe (C)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Toda madeira com mais de dois nós ou e muitos defeitos, ou seja, a madeira é incluída nesta classe quando não reúna os parâmetros citados na classes “A” e “B

Fonte: Egas, (2002)

3.9. Análise e Processamento de dados

Os dados foram submetidos a uma planilha de *Microsoft Office 2010* onde foram calculados os valores dos seguintes parâmetros: volume médio do toro (V_t), volume da madeira serrada (V_{proc}), Volume dos desperdícios (V_R), Rendimento de madeira serrada ($R\%$), percentagem de serradura ($\%S$) e de costaneiros ($\%C$).

A análise de eficiência de toros e feita com base nos indicadores de volume. Dentro deste grupo cabem aqueles parâmetros que relacionam o volume do produto final ou dos desperdícios com o volume da matéria-prima utilizada para o seu processamento. Destacam-se os indicadores do rendimento volumétrico, desperdícios de serradura e outros desperdícios. Para a obtenção do volume médio primeiro foi calculado as área basal e posteriormente o volume do toro, o volume dos desperdícios foi dividido em dois, volume de costaneiros e volume de serradura e posteriormente calculou se as suas percentagens.

3.9.1. Determinação de volume

O volume do toro foi determinado com base na (Equação 4) de Smaliam abaixo indicado:

$$V = \frac{\pi * (Db^2 + Dt^2)}{2} * L \quad \text{Equação [4]}$$

Onde:

V = Volume do toro (m^3);

Db = diâmetro da base;

Dt = diâmetro do topo;

L = Comprimento do toro (m).

As medições dos diâmetros foram feitas em duas direcções perpendiculares entre si ou seja medição se o diâmetro cruzado para aumentar a precisão dos resultados de cálculo do volume dos toros.

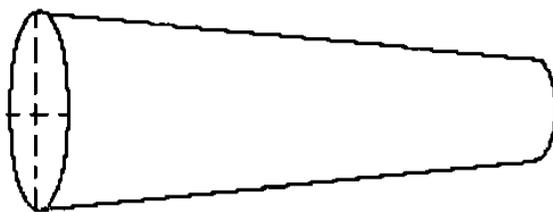


Figura 2. Medição de diâmetros de toros

Os defeitos foram avaliados com base na tabela 4, onde, nos casos dos nós foi feita a contagem dos mesmos.

- **Determinação do volume da madeira serrada**

Durante a serragem dos toros, foram produzidos peças de madeira, costaneiros e serradura. Em cada peça produzida foram feitas as medições de comprimento e largura com fita métrica, assim como, de espessura. Estes dados foram usados na determinação do volume individual de cada peça de acordo com a equação 5:

$$V_i = E * L * C \quad \text{Equação [5]}$$

Onde: V_i = volume individual de cada peça em m^3 ; E = espessura da peça; L = largura da peça; C = comprimento da peça.

Para a determinação do volume total de madeira serrada foi usado a seguinte equação 6.

$$V_p = \sum V_i \quad \text{Equação [6]}$$

$\sum V_i$ = Somatório do volume individual de cada peça da madeira serrada em m^3 .

As peças obtidas na serra fita principal, eram encaminhadas para a serra fita vertical que faz o delineamento das larguras e a serra fita horizontal que faz o delineamento das espessuras e a topejadora produzindo deste o produto final. E outras peças obtidas na serra fita principal eram encaminhadas a serra horizontal.

O processo de serragem ou produção da madeira serrada envolveu varias máquinas. A figura 3 apresenta o lay-out da serração que mostra a disposição das maquinarias.

Figura 3: Lay-out da serração ‘LevasFlor’

Após a determinação do rendimento em madeira serrada foram quantificados os resíduos. A quantificação dos resíduos foi dada pela diferença entre o volume dos toros antes da serragem e o volume de madeira serrada, de acordo com a equação 8.

$$VR = Vt - Vp \quad \text{Equação [8]}$$

Onde: VR= volume dos resíduos em m³; Vt = volume total de toros sem casca (m³); Vp = volume total de madeira serrada em m³.

Neste estudo para além do rendimento volumétrico total foram determinados o rendimento de madeira de primeira, segunda e terceira classe, a percentagem de outros desperdícios e a percentagem dos costeiros.

3.9.3. Determinação da conicidade

Araújo, *et.,al* 2014 define-se conicidade como sendo a taxa da variação do diâmetro ao longo do comprimento, em que esta por sua vez é dada pela equação 9 abaixo indicado:

$$C = \frac{\frac{D1+D2}{2} - \frac{D3+D4}{2}}{L} \quad \text{Equação [9]}$$

Onde: C= conicidade (cm/m); D1 e D2= diâmetros cruzados da extremidade mais grosso do toro (cm); D3 e D4= diâmetros cruzados da extremidade mais fina do toro (cm); L= comprimento do toro (m).

3.9.4. Determinação do volume dos resíduos produzidos

A percentagem dos costeiros foi determinada através da seguinte equação:

$$\%costeiros = \frac{V_{cost.}}{V} \times 100 \quad \text{Equação [10]}$$

Onde:

V_{cost.} – Volume das costoneiros;

V – volume do toro.

O volume das costoneiros de cada toro foi determinado pela subtracção do volume total residual e o volume de Seradura, no volume do respectivo toro.

Para calcular a percentagem da serradura, primeiro foi determinado a espessura da linha de corte que é equivalente a espessura da lâmina adicionando o dobro da trava.

Com o relógio de trava e o parquímetro foram efectuadas as medições em cada lâmina da serra para a obtenção da trava e da espessura da lâmina da serra respectivamente. As medidas da espessura da

lâmina da serra e da sua trava determinaram deste modo a espessura da linha do corte com base na equação 11:

$$E_{lc} = E_l + 2 * Tr \quad \text{Equação [11]}$$

Onde:

E_{lc} – espessura da linha do corte;

E_l – espessura da lâmina;

Tr – trava.

Os dados destas medições permitiram o cálculo do volume de serradura para cada corte efectuado mediante a equação:

$$V_{scc} = E_{lc} * C * l \quad \text{Equação [12]}$$

Onde:

V_{scc} – volume da serradura de cada corte;

C – comprimento de cada corte;

l – largura de cada corte.

Para o cálculo do volume de serradura por toro efectuou-se o somatório dos volumes dos cortes de cada toro de acordo com a equação 13 abaixo indicado:

$$V_{st} = \sum V_{scc} \quad \text{Equação [13]}$$

E, finalmente foi determinado a percentagem de serradura de acordo com Egas 2000 com base na equação 14 abaixo indicado:

$$\% \text{ Serradura} = \frac{V_{st}}{V} * 100 \quad \text{Equação [14]}$$

Onde:

V e V_{st} – volumes do toro e da serradura produzida por cada toro.

3.4.5. Determinação da eficiência operacional da serração

Para a determinação da eficiência operacional foram obtidos os volumes dos toros antes da serragem, o tempo total gasto durante a operação de serragem e o número de operários envolvidos em todo o processo. Ao ser fixado o primeiro toro no carro porta-toro foi iniciada a contagem do tempo total gasto durante o processo, desde a fixação do toro até a produção da última peça, com auxílio de um cronómetro. Dessa forma, a eficiência operacional foi calculada de acordo com Araújo, *et.,al* 2014 utilizando-se a equação 15 abaixo indicado:

$$E = \frac{Vt}{O * t} \quad \text{Equação [15]}$$

Onde: E = eficiência operacional, m^3 /operário/h; VT = volume do toro (m^3); t = tempo em hora de serragem do toro; O = número de operários na operação de serragem.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Rendimento volumétrico

Na tabela 6 estão representados os valores referentes as médias dos volumes dos toros, de madeira serrada, e a percentagem de rendimento volumétrico.

Tabela 6. Volume de toros, de madeira serrada, percentagem de rendimento volumétrico.

	$VT(m^3)$	$Vms(m^3)$	R%
Total Geral	25,42	13,73	54,31

Lengeda: V_t = volume de toro, V_{ms} - Volume de madeira serrada, R%-Rendimento volumétrico.

O rendimento médio em madeira serrada obtido nesse estudo foi de 54,31%. Segundo Rocha, (2002) e Vital, (2008), o rendimento em madeira serrada de folhosas varia entre 45 a 55%, permitindo diagnosticar que o rendimento médio da empresa esta dentro do padrão normal, considerando a espécie e os produtos produzidos. Garcia (2013), observou em seu estudo valores similares ao do presente estudo ao analisar o desempenho de uma serração, o autor observou um rendimento médio em madeira serrada de 48,90% da madeira. Garcia (2012), verificou rendimentos de madeira serrada com valor médio de 49,64% de rendimento total. Entretanto, estes valores são inferiores aos observados por Afonso (2004) que verificou um rendimento médio de 61,1% da espécie de *Andostrachys johnsonii*, e este rendimento foi superior aos valores de rendimento encontrados neste estudo. O mesmo salienta que esta situação deve ao fato de que os toros apresentaram poucos defeitos como a tortuosidade, conicidade e rachas, pois na serragem dos toros com muitos defeitos perde se grandes quantidades de madeira em forma de costaneiros na serragem.

No gráfico 1, esta representado o rendimento volumétrico em função das classes diamétricas.

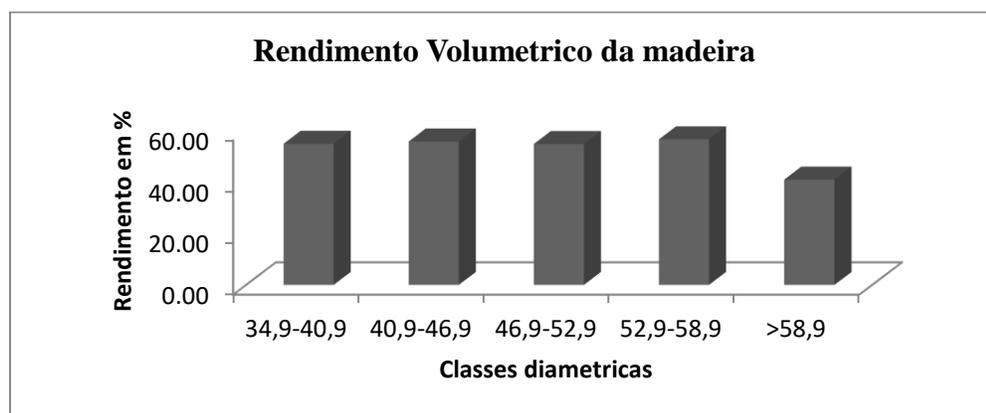


Gráfico1: Rendimento volumétrico em função das classes diamétricas

O rendimento em madeira serrada foi superior na classes diamétricas que apresentaram menor diâmetro e muito baixo na ultima classe diamétrica, que foi de 40,99% sendo a classe que apresenta toros com maior diâmetro, devido a ocorrência de maior incidência de defeitos e por apresentar um diâmetro maior foi muito difícil de se efectuar a serragem. Muller (2013), diz que os toros com classe de diâmetro menor apresentam maior rendimento de madeira serrada, neste caso superior quando comparados a toros com maiores diâmetros.

E Jesus *et al.*,(1998) frisou que os toros de maior diâmetro médio, foram as que apresentaram maior ocorrência de defeitos, o que afectou directamente nos resultados de rendimento em madeira serrada.

A percentagem do aproveitamento dos toros em função das classes diamétricas variou sendo que os resultados não seguiram uma ordem crescente, em que os maiores aproveitamentos foram observados nas menores classes, e a maior classe teve um rendimento baixo. Estes resultados ilustram que a diminuição do rendimento volumétrico implica um menor aproveitamento do toro, gerando maior perda de madeira na forma de resíduo, de acordo com (Biasi e Rocha, 2007), dizem que o rendimento volumétrico ocorre em função dos toros mais grossos apresentarem falhas internas, como rachaduras, ataques por insectos e podridão.

4.2. Conicidade dos toros

Na tabela 7 estão representadas os resultados referentes a analise da conicidade dos toros de *Brachystegia spiciformis* em função das classes diamétricas.

Tabela 7: conicidade dos toros

<i>Classe</i>	<i>Conicidade</i>
34,9-40,9	0,65
40,9-46,9	0,96
46,9-52,9	1,61
52,9-58,9	2,08
>58,9	3,60
Total Geral	1,27

Em relação a conicidade, essa variou de 0,65cm/m na primeira classe diamétrica de 34,9-40,9 e 3,60cm/m na ultima classe diamétrica de toros maior 58,9, são consideradas toros de forma superior aquelas que apresentam conicidade igual ou inferior a 3cm/m para a circunferência do toro de acordo com a norma para medição e classificação de toros de madeiras de folhosas, (Costa *et al.*,2018).

Verificou que os toros de maior diâmetro apresentaram maior conicidade, em consequência apresentaram maior perda de madeira.

Determinou-se a conicidade dos toros, em que esta por sua vez mostra como o diâmetro do toro de *Brachystegia spiciformis* diminui da base até ao topo, em que esta pode ter sido influenciada pelo ambiente, idade da árvore e que este factor pode influenciar directamente no rendimento dos toros. Segundo (Valério *et al.*, 2007) diz que a conicidade varia de espécie para espécie, diminui com a idade da planta e sofre pouca influência genética, sendo maior no primeiro toro, isto é, na base da árvore. A conicidade dos toros variou de uma forma crescente partindo da primeira classe diamétrica até a última classe, ou seja, na medida que a classe diamétrica subia a conicidade também subia, como ilustra o gráfico 2:

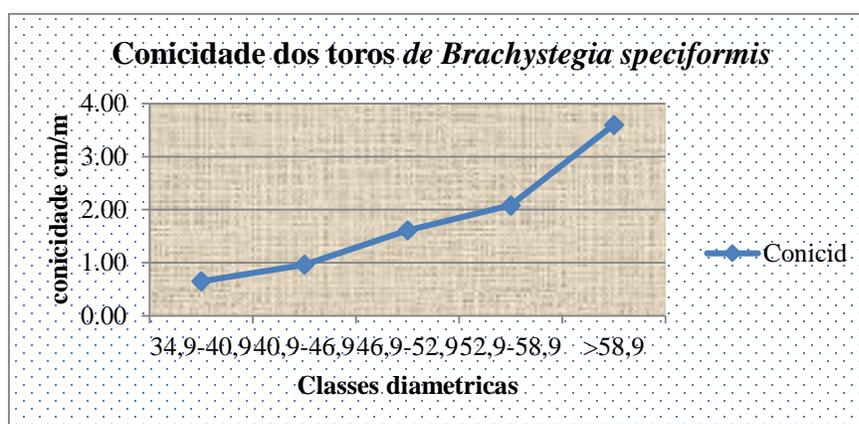


Gráfico 2: Conicidade dos toros por classe diamétrica

Valério, *et al.*, (2007), diz que a conicidade influencia o rendimento em madeira serrada somente quando apresenta valores superiores a 1 cm/m para o diâmetro ou 3 cm/m para a circunferência do toro. De acordo com o autor acima supracitado pode-se concluir para este estudo que todos os toros de *Brachystegia spiciformis* processados tiveram influência desse factor no rendimento ou na percentagem de aproveitamento menos a primeira classe pois a conicidade dos toros nessa classe são inferiores a 1 cm/m.

4.3. Quantificação de resíduos

A quantidade total de resíduo gerado foi de 11,7 m³, que corresponde 45,67% de resíduo do total de madeira utilizada. Os tipos de resíduos gerados pela serração foram serraduras e costaneiros, variando com o tamanho e a qualidade da peça, observou-se uma elevada percentagem de perdas com resíduos pois quase a metade da matéria-prima não foi transformada em madeira serrada.

A geração de resíduo foi ocasionada com a escolha de modelo do corte para serragem de madeira pois na serração Levas Flor usa-se mais o modelo convencional, efectuando cortes tangenciais, por não

considerar um modelo de corte de acordo com a classe diamétrica, propicia maior geração de resíduos, conforme relatam Murara *et al.* (2006).

Na tabela 8 estão representados os valores referentes aos volumes de costaneiras, serradura e as percentagens das costaneiras e da serradura.

Tabela 8: Volume de costaneiras, serradura, percentagem das costaneiras e da serradura.

	$VR(m^3)$	$V_{st}(m^3)$	%S	$V_{cst}(m^3)$	%C
Total	11,7	3,35	25,86	8,35	31,91

Legenda: VR = volume residual, V_{st} —Volume de serradura, %S-percentagem de costaneiros, V_{cst} —Volume dos costaneiros, %C-Percentagem de serradura.

Afonso (2004), ao avaliar a eficiência técnica na conversão de toros de Mecrusse em madeira serrada em parquet num sistema de serra fita e circular obteve uma percentagem de resíduos de 39% de espécies *Andostrachys johnsonii*, e este rendimento foi inferior aos valores de rendimento encontrados neste estudo. Indicado de certa forma um elevado nível de aproveitamento na serração.

A percentagem dos resíduos obtidos nesse estudo foi de 45,67% é inferior comparado com os resultados obtidos por Mota (2018), ao avaliar o desempenho operacional, que teve 57,07% da madeira desperdiçada em resíduos. A geração de resíduos é muito elevado, as sobras de serragem primário como costaneiros e outros resíduos da serragem secundário tais como a serradura quando não são queimados ou convertidos em carvão vegetal, tornam se uma fonte poluidora do meio ambiente, uma vez que a sua destinação final não é realizada, na LevasFlor os resíduos são doados as comunidades para a produção de carvão ou para cozinha e a serradura é queimada.

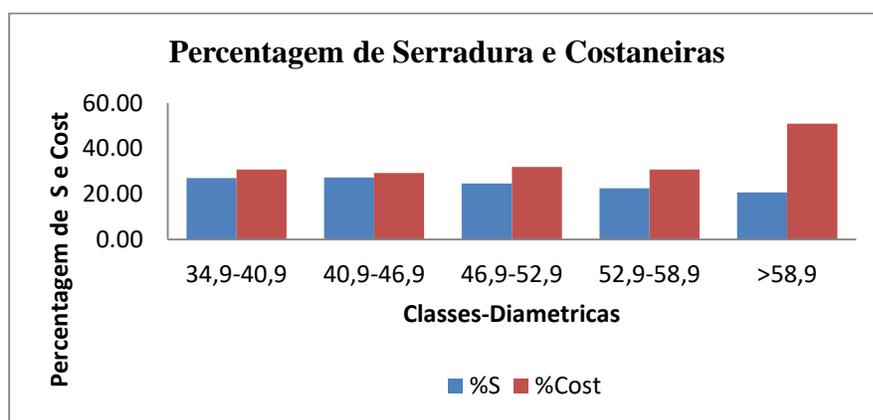
Outro factor que ocasionou maior de resíduos na serração foi o baixo aproveitamento dos toros, pois a empresa se concentra mais com o produto final e não no próprio aproveitamento do toro.

Melo *et. al.*, (2002), salienta que as maiores perdas observadas no processamento ocorreram em virtude do mau aproveitamento das peças ou qualidade baixa dos toros, acarretando descarte de costaneiras, representando, aproximadamente, 35,54% dos toros. A segunda maior perda foi resultado do processo de serragem. O processamento dos toros em madeira serrada acarreta perdas que atingem valores superiores a 12%, sendo quase 10% referente a serragem originada da serragem primário (serra-fita) e cerca de 3% resultantes das operações de serragem (serra-circular). Biasi e Rocha (2007) observaram para resíduos gerados na serragem os valores de 7,22% (serragem serra-fita), 2,98 (serragem serra-circular) e 27,16% (outros resíduos).

Essa grande perda de resíduos fez com que a empresa para poder aumentar a sua produção, aumentou o volume da matéria-prima.

Garcia *et al.*, (2012) destaca que as perdas ocasionadas durante o processo de serragem (costaneiras, pó de serra, ponta de peças, etc.) nas serrações acarretam desperdício de matéria-prima, podendo chegar a um volume de perdas superior ao volume de madeira serrada que pode ser aproveitado. Para Brand *et al.*, (2001), isso faz com que para incrementar sua produção, estas empresas necessitem aumentar o volume de matéria-prima o que, conseqüentemente, resulta em geração maior de resíduos que, frequentemente não apresentam utilização directa na indústria em que foram gerados. O baixo rendimento e elevado volume de resíduos gerados na serragem de madeiras são muito provenientes de florestas nativas.

A seguir ver a gráfico 3 que mostra a percentagem da serradura e dos costaneiros em cada classe diamétricas, onde pode se observar que houve maior perda do volume de toros em forma de costaneiras do que a serradura.



Legenda: %S – percentagem da serradura e %Cost – percentagem de costaneiros

Gráfico 3: percentagem da serradura e das costaneiras em cada classe diamétricas.

A percentagem de serradura foi calculada com base nas espessuras de corte desde o primeiro corte efectuado na serra principal até aos cortes que originaram as tabuas quer na resseradeira quer na serra principal de fita. Percentagem de serradura foi de 25, 86%, o que significa que o valor encontrado não se encontra dentro do intervalo estabelecido segundo Egas (2000), que afirma que a percentagem de serradura varia de 6% a 20%. O que pode ter influenciado esse resultado é o tipo de serra usado para a serragem dos toros.

Para Afonso (2004), a percentagem de serradura depende entre os factores de espessura e da trava da lâmina envolvida no corte, pois os maiores valores de percentagem observaram se no esquema de corte que envolveu a serra dupla de disco e serra circular simples, com espessura de lâmina maior que da serra fita.

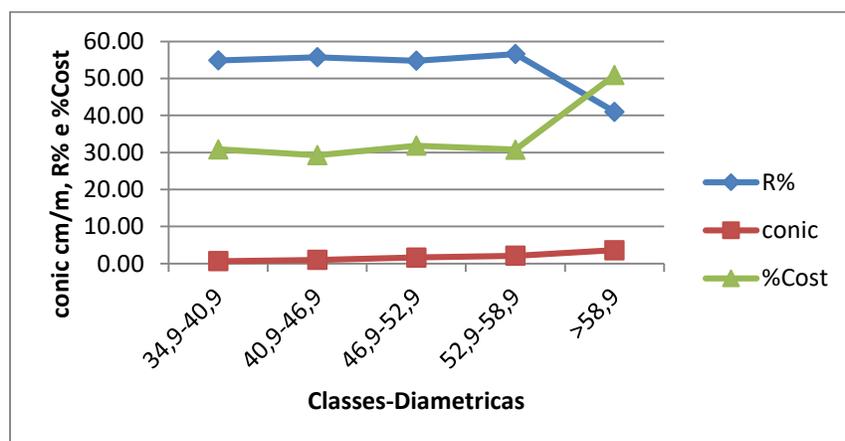
E Neste estudo verificou que os maiores valores de percentagem de serradura foram verificados nas primeiras classes diamétricas que apresentou maior número de toros e para as classes diamétricas que apresentou menor número de toros apresentou menor percentagem de serradura. Pois isso deveu se ao facto desses toros receber poucos cortes durante a serragem por apresentarem maior comicidade perdeu grandes quantidades de madeira ao se tentar eliminar os defeitos. O mesmo autor acima citado defende que a percentagem de serradura diminuiu com o aumento do diâmetro dos toros, na medida em que aumenta o diâmetro dos toros, o que consequentemente provoca diminuição da percentagem de serradura obtidas com o aumento do diâmetro devido a redução relativa da quantidade de cortes executados em cada toro.

Os valores de percentagem de costaneiras é de 31,91%. Egas (2000), afirma que este parâmetro pode atingir valores tão baixos como 20% e valores altos como 70% de acordo com o diâmetro, comprimento e qualidade dos toros processados. A percentagem de costaneiras obtidas neste estudo se encontra dentro de intervalo estabelecido pelo mesmo autor. Pois essa situação deveu se ao facto da serração apresentar um rendimento médio normal.

As classes diamétricas que apresentaram baixa percentagem de costaneiras verificou-se altos níveis de rendimento volumétrico, pois os toros de menor diâmetro não apresentarem muitos defeitos como a comicidade e podridão por isso foi fácil a sua trabalhabilidade. Afonso (2004), sustenta que a baixa percentagem de costaneiras resulta dos altos valores de rendimento volumétrico.

Correlação entre a comicidade e de percentagem de costaneiras por classes diamétricas

A seguir apresenta-se o gráfico 4, que mostra a correlação entre a comicidade e a produção de costaneiras e sua influência no rendimento final em função das classes diamétricas.



Legenda: R%- Rendimento Volumétrico, Conic- Conicidade, %Cost- Percentagem de costaneiras

Gráfico 4: Correlação entre a comicidade e a percentagem de costaneiras por classes diamétricas

4.4. Classe de qualidade da madeira serrada

Na tabela 9 estão apresentados os resultados do volume de madeira serrada, percentagem de rendimento volumétrico, em cada Classe de qualidade da madeira serrada.

Tabela 9: Classe de qualidade de madeira serrada de primeira, segunda e terceira classe.

	1ª Classe A	2ª Classe B	3ª Classe C
	Media	Media	Media
Vms	1,72	0,27	0,29
R%	52,18	54,95	49,40

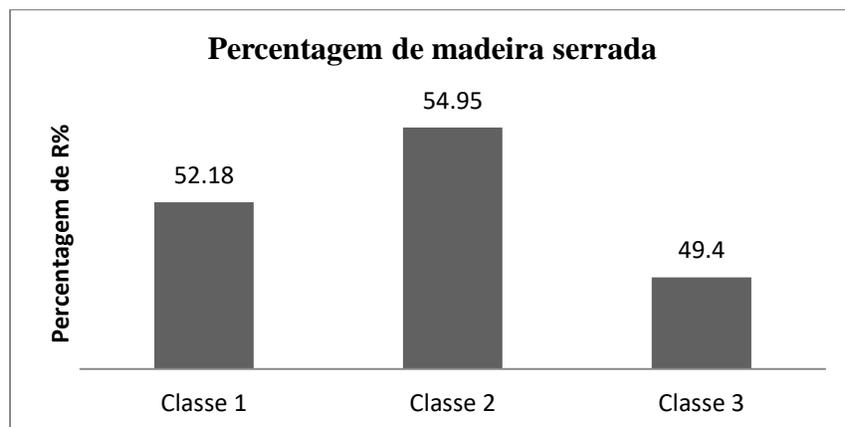
Legenda: Vms - Volume da madeira serrada; R%- Rendimento volumétrico da madeira; desvp- Desvio padrão e var- Variância.

A tabela 9 mostra que a segunda classe apresentou o maior rendimento médio que é de 54,95% de madeira serrada seguido da primeira e da terceira classe, que apresentou menor rendimento. Isto é, a terceira classe apresentou o menor rendimento volumétrico pois significa que é a classe que se verificou maior ocorrência de defeitos na madeira.

Neste trabalho, observou-se que a presença das rachaduras e oco em uma das toras, não afectou de maneira a reduzir o rendimento de madeira de primeira qualidade, possivelmente devido a qualidade das tabuas com baixo ocorrência de defeitos, que actuaram de maneira positiva no processo de serragem. O grã direito, ausência de nós, pouca diferença entre cerne e alburno, entre outros factores, contribuem para a qualidade da madeira serrada (Vidaurre, 2006).

De acordo com Murara *et al.*, (2013), a qualidade do toro influencia no rendimento e, portanto, ao se dar preferência para toros de melhor qualidade, se irá diminuir a quantidade de resíduos gerados durante o processo de serragem, com conseqüente aumento do rendimento em madeira serrada.

O gráfico 5 apresenta as médias de percentagem de madeira serrada e pode se resumir que a segunda classe apresentou maior percentagem de madeira serrada e a terceira a classe apresentou menor percentagem de madeira serrada, pouco madeira apresentava ocorrência de defeitos.



Legenda: R%- Rendimento volumétrico;

Gráfico 5: Percentagem de madeira serrada.

4.5. Eficiência operacional

Para o cálculo da eficiência operacional, considerando o turno de nove horas, e por dia a serração produziu 16,33m³/dia, foi dividido pelo número de operários, seis, envolvidos no processo de serragem. A eficiência operacional encontrada neste estudo foi de 3,61 m³/operário/dia, este valor é inferior e não está compreendido na faixa de eficiência (5 a 10 m³/operário/dia) para serrações comuns, de acordo com Rocha (2007).

Batista (2015), ao avaliar eficiência operacional, afirma que a baixa eficiência operacional da serração avaliada está associada a limitações em seu layout, estado de conservação da maquinária de serragem e baixo treinamento da mão-de-obra. Todas essas variáveis contribuíram para perdas no tempo da produção, influenciando directamente o volume de toros serrados por dia por funcionário. Nesse contexto, as restrições do layout estão relacionadas principalmente à má disposição da maquinária e à movimentação dos toros, da madeira serrada e dos subprodutos na linha de produção, que é realizada de forma manual pelos operários.

Houve também muitas paradas por causa de avarias e defeitos das serras. BIASI (2005) relatou que pode ser atribuído ao melhor nível tecnológico e treinamento dos funcionários, reflectindo em melhor eficiência do processo de serragem.

Já o baixo nível de treinamento da mão-de-obra contribuiu para o aumento do tempo de serragem, por causa da fixação e giro dos toros e erros na tomada de decisões de como efectuar os cortes, visando ao máximo aproveitamento do toro. Por outro lado, Batista e Carvalho (2007) relatam que demoras

durante as etapas do processo de serragem como manuseio do toro da rampa até a mesa alimentadora e limpeza da esteira, entre outros, contribuem com parte do tempo perdido.

A eficiência operacional obtida foi inferior comparado à média de 4,96 m³/operário/dia obtida por Batista e Carvalho (2007), que estudaram uma serração de pequeno porte no processamento da madeira e ao valor mínimo de 5,0 m³/operário/dia estabelecido por Rocha (2002), para serrações designadas como “comuns”. Embora a eficiência média da serração estudada tenha sido baixa, esse resultado demonstra o efeito da espécie, principalmente o manuseio e tratamento individual dos toros durante a serragem, na eficiência operacional das serrações. Ou seja, os toros de florestas tropicais são mais difíceis de manusear, por causa das grandes dimensões (diâmetro e comprimento) e incidência de defeitos (conicidade, tortuosidade e podridão) e, via de regra, das maiores densidades, resultando em maior esforço de corte. Por causa da heterogeneidade nas dimensões e volume, cada toro recebe um tratamento individual, sendo necessário adaptar a maquinária e o modelo de corte durante a serragem, para se ter um melhor aproveitamento do respectivo toro, aumentando o tempo dessa operação. O primeiro é o modelo de corte mais complexo, com a produção de mais peças de menores dimensões, demandando-se um maior número de operações de serragem; o segundo é a menor agilidade no abastecimento dos toros na linha de produção. Isso demonstra que o tipo de produto processado, no que tange à sua homogeneidade e às suas dimensões, influencia na eficiência, bem como o grau de mecanização, a qualificação e a quantidade de mão-de-obra disponível, e as metodologias de processamento utilizadas, de acordo com (Biasi 2005).

A boa eficiência operacional na serragem de madeiras pode ser justificada pela utilização da serra de fita dupla como máquina primária, esta máquina além de fazer dois cortes simultâneos, é uma máquina potente que possibilita uma maior velocidade de avanço, acarretando em serragem de maior número de toros por dia. Somado a isso, os sistemas de avanço, fixação e movimentação dos toros e maquinário relativamente novos e o programa de manutenção periódica dos mesmos, também são influenciadores no resultado de eficiência operacional (Magnago 2015).

5. CONCLUSÃO

- O rendimento volumétrico de madeira serrada de Messassa (*Brachystegia spiciformis*) foi de 54,31%, onde abrangeu a faixa considerada normal para a madeira de folhosas.
- As classes diamétricas influenciam significativamente no rendimento em madeira serrada de *Brachystegia spiciformis* sendo os maiores rendimentos observados nas primeiras classes diamétricas, pois, a conicidade dos toros ocasionou a redução do rendimento na medida que o diâmetro dos toros tendesse a crescer.
- A qualidade da madeira influencia o rendimento volumétrico, pois a madeira que apresentou maiores defeitos apresentou baixo rendimento.
- Elevada percentagem de perdas com resíduos pois quase a metade da matéria-prima não foi transformada em madeira serrada.
- A maior percentagem de resíduos foi desperdiçados em forma de costaneiras em relação a serradura, onde constatou-se que a espessura e a trava da lâmina tem uma influencia significativa na percentagem de serradura, concluindo dessa forma que lâminas com espessura maior contribuem para a produção de percentagens maiores de serradura.
- A eficiência operacional da serração foi de 3,61 m³/operário/dia, e é considerada baixa, em consequência de falta de manutenção preventiva e obsolescência da maquinaria.

6. RECOMENDAÇÕES

O método de serragem de toros usado foi o convencional, no qual consiste em obter o maior número possível de peças, em geral, utilizando o sistema de corte tangencial, sendo que este método por não considerar um modelo de corte de acordo com a classe diamétrica, propicia maior geração de resíduos, então recomenda-se à empresa a definição de modelos ou dos cortes de serragem adequados, para que se possa atingir coeficientes de rendimentos elevados para determinados produtos desejados. E mais capacitação dos operários ao uso dos modelos para a serragem.

Devidos as avarias constantes das serras usadas para efectuar a serragem, ocasionou-se muitas paradas e o aumento de durante o processo de serragem, por isso recomenda-se a manutenção preventiva e regular, direccionada às avarias mais frequentes observadas na maquinaria, como forma de minimizar a perda de tempo durante os turnos.

A serragem de toros com defeitos reduz o valor do volume do toro e da madeira serrada e o baixo nível tecnológico e fraca experiência dos operários contribui para o baixo rendimento, aumento a geração dos resíduos. Sendo assim recomenda-se o treinamento dos operados para o melhor aproveitamento dos toros com defeitos, de modo a aumentar a produção e a produtividade.

Recomenda-se a criação de mecanismos para reaproveitamento de resíduos processados, uma vez que os resíduos podem ser aproveitados para fins energéticos e a madeira é uma grande fonte energética (biomassa), aproveitando dessa forma toda a matéria-prima por ela utilizada.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBERTO, (2003). *Avaliação de desperdícios resultantes da exploração e da transformação mecânica da madeira*. FAEF/DEF; Maputo.
- ARAÚJO, H. J. B. (2003). *Aproveitamento de resíduos das indústrias de serrarias do Acre para fins energéticos*. Rio Branco.
- BATISTA, D. C., (2006). *Avaliação do desempenho operacional de uma serraria através de estudo do tempo, rendimento e eficiência*, Rio de Janeiro.
- BATISTA, D. C.; CARVALHO, A. M., (2007). *Avaliação do desempenho operacional de uma serraria através de estudo de tempo, rendimento e eficiência*. Scientia Forestalis, Piracicaba.
- BATISTA, D. C.; SILVA, J. G. M.; CORTELETTI, R. B., (2013). *Desempenho de uma serraria com base na eficiência e na amostragem do trabalho*. Floresta e Ambiente.
- BATISTA, D. C.; SILVA, J. G. M.; ANDRADE1, W. S. P.; VIDAURRE1, G. B., (2015). *Desempenho operacional de uma serraria de pequeno porte do município de alegre, espírito santo, brasil*.
- BIASI, C. P., (2005). *Rendimento e eficiência no desdobro de três espécies tropicais*. Dissertação (Pós-Graduação em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- BIASI, C. P., ROCHA, M. P., (2007). *Rendimento em madeira serrada e quantificação de resíduos para três espécies tropicais*, Curitiba.
- BILAN, Juízo, C. G. F., ROCHA M. P., (2014). *Avaliação do Rendimento em Madeira Serrada de Eucalipto para Dois Modelos de Desdobro numa Serraria Portátil*. Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná – UFPR, Curitiba/PR, Brasil
- BRAND, M. A., (2001). *Caracterização do rendimento e quantificação dos resíduos gerados em serraria gerado através do balanço de materiais*.
- BUNSTER, J. H., (2006). *Madeiras comerciais de Moçambique*. 2ªed.
- CHITARÁ, S., (2003). *Instrumentos para Promoção de Investimento Privado na Indústria Florestal Moçambicana*. Maputo.
- CONAF, (1995). *Pellets de aserrín. Combustible Del futuro. Chile Forestal*, Santiago.

COSTA, J., CALDERON, C. M., CALDERON, R., NASCIMENTO, C. C., COSTA, N. S., (2018). *Rendimento e eficiência operacional no desdobro de toras de tauari (cariniana decandra) com motosserra na amazônia ocidental*. Goiânia.

DA COSTA, L. P. E., (2004). *Utilização de resíduos do processamento mecânico da madeira para fabricação de chapas de partículas aglomeradas*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

DUTRA, R. I. J. P.; do NASCIMENTO, S. M.; NUMAZAWA, S. (2005). *Resíduos de Indústria Madeireira: Caracterização, Consequências sobre o Meio Ambiente e Opções de Uso*. Revista científica eletrônica de engenharia florestal, ed. 5.

FAGUNDES, H. A., (2003). *Diagnóstico produção de Madeira serrada e geração de resíduos do processamento de Madeira de florestas de plantas no grande do sul*, Porto Alegre.

FALCÃO, M. P. (2011). *Policy impact on stakeholder benefits and resource use and conservation in Mozambique: the case study of Moflor forest concession area and Pindanganga community area*. in Forestry at the University of Stellenbosch.

FALCÃO, M. P., (2012). *Manejo Florestal*. Maputo: Universidade Eduardo Mondlane UEM.

FERREIRA, C. E. M.; CARRASCO, E. V. M.; HELMEISTER, J. C. *Tecnologia de adesivos*.

FONTES, P. J. P. (1994). *Autossuficiência energética em serraria de Pinus e aproveitamento dos resíduos*. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

GRUNDY I. M., (1995), *Regeneration and management of Brachystegia spiciformis Benth. And Julbernardia*.

IPEX, (2003). *Estratégia para o desenvolvimento das exportações de produtos processadas de madeira de Moçambique*. Maputo.

MAE. (2005). *Perfil do distrito do Cheringoma Província de Sofala*. Sofala: Direcção Nacional da Administração Local.

MAGNAGO, E. C., (2015). *Desempenho operacional e quantificação de resíduos madeireiros na produção de tábuas e pré-cortados de eucalipto, espírito santo*.

MANHIÇA, A. A., ROCHA. M. P., JUNIOR, R. T., (2013). *Eficiência operacional no desdobro de Pinus sp. utilizando modelos de corte numa serraria de pequeno porte*. Universidade Federal de lavras, Brasil.

MELO, J.E., (2002). *Madeira: Características e aplicações*. Brasília.

OLIVEIRA, A. S. (2003). *Madeira: Uso Sustentável na Construção Civil*. IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo.

PAULA, J. C. M. (2006). *Aproveitamento de resíduos de madeira para confecção de briquetes*. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidades Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

PONCE, R. H., (1995). *Madeira Serrada de Eucalipto: Desafios e Perspectivas*. Seminário Internacional de Utilização de Madeira de Eucalipto para Serraria, São Paulo.

RAIMUNDO, Y. M. (2001). *Análise das Exportações Brasileira de Madeira Serrada e Painéis à Base de Madeira no período de 1961 a 1999*. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiróz”. Universidade de São Paulo.

ROCHA, M. P., (1999). *Desdobro primário da madeira*. Curitiba.

ROCHA, M. P., (2002). *Técnicas e panejamento em serrarias*, Curitiba.

poliuretanos: propriedades e aplicações em madeiras. *Encontro brasileiro em madeiras e estruturas de madeiras*, São Carlos, 1989.

ROSÁRIO, S. H., (2018). *Proposta de um plano de gerenciamento de resíduos sólidos para uma serraria de Venda e Beneficiamento madeireiro*.

SILVA, J. C., (2001). *Eucalipto a madeira do futuro*. *Revista da Madeira, especial Eucaplito*, Curitiba.

STEELE, P. H., (1984). *Factors determining lumber recovery insawmilling*. Madison: Forest Service.

ULIANA, L. R. (2005). *Diagnóstico de resíduos na produção de móveis: subsídios para a gestão empresarial*. Dissertação de Mestrado – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. - Piracicaba-SP.

VALÉRIO, Á. F., WATZLAWICK, L. F., SANTOS, R. T., BRANDELERO, C., KOEHLE, H. S., (2007). *Quantificação de resíduos e rendimento no desdobro de araucária angustifolia (bertol.) o. Kuntze.* floresta, curitiba.

WYSE, C. C., (2007). *Gerenciamento de resíduos da serraria Flosul indústria e comércio de madeiras.* Monografia (Bacharel em Administração) – Universidades Ritter dos Reis, Porto Alegre.

YUBA, A. N., (2001). *Cadeia produtiva da madeira serrada de Eucalipto para produção sustentável de habitações.* Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

ZANELLA, K., (2016) *Avaliação do desempenho de uma serraria de eucalipto.* Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

8. ANEXOS

Anexo 1: Dados dos toros

Ficha de campo

Província _____, Distrito _____, Posto administrativo _____

Data: ____/____/____. Número da ficha _____

Nr. Toro	D1	D2	D3	D4	C(m)
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
11					
12					
13					
14					
15					
16					

Legenda: D1,D2= Db- diâmetro da base cruzada; D3,D4=Dt- diâmetro do topo;
C=comprimento.

Anexo 2: Dados da madeira serrada

Ficha de campo

Província _____, Distrito _____, Posto administrativo _____

Data: ____/____/____. Número da ficha _____

Nr. Toro	L (cm)	E(mm)	C(m)	Quantidade	Observação
1					
2					
3					
4					
5					
6					
N					

Legenda: l-largura; E-espessura; C-comprimento.

Anexo 4. Imagens de desperdícios, A-outros desperdícios; B-serradura.

A

B

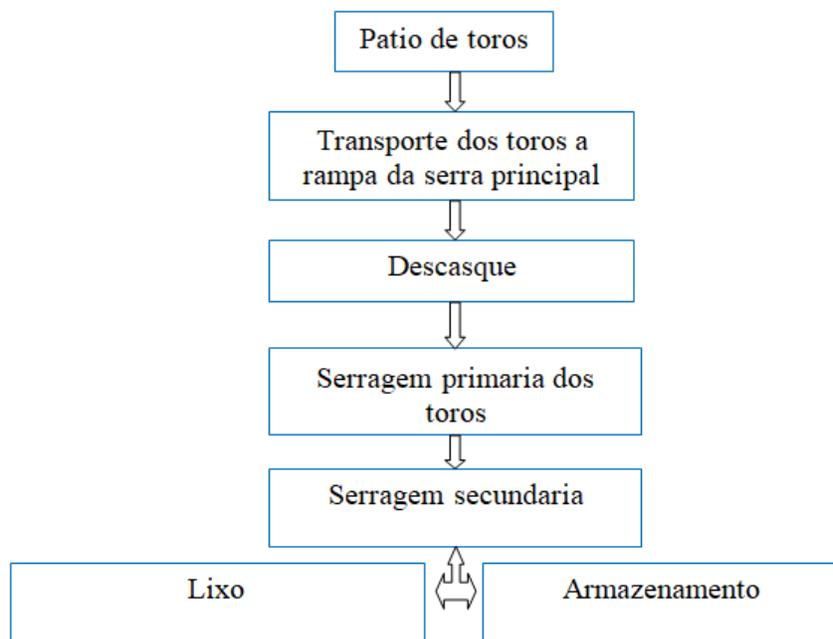


Fonte: Autora

Anexo 5: Dimensões envolvidas das lâminas na serragem dos toros

Maquinas	Espessura da lâmina (mm)	Comprimento (m)	Largura (cm)	Altura de dente (cm)	Trava (mm)
Serra fita (Desdobro)	1,25	9,35	15,5	0,5	7,5
Serra fita horizontal (Desdobro)	1,15	3,85	3,2	0,25	2,5
Serra Fita (Resseradora)	1,15	4,58	3,2	0,25	2,5
Serra fita (Resseradora)	1,15	4	3,2	0,25	2,5
Serra circular (Topejadora)	3			2	7,5

Anexo 8. Fluxograma da linha de produção



Anexo 9. Dados de toros para o calculo de volume

Nr.	Db(cm)	Dt(cm)	C(m)
Toro			
1	46	44,5	2,48
2	40	36	2,5
3	45	40	2,99
4	45,5	43	2,17
5	58,5	55	2,82
6	57	55,5	2,68
7	46	46	3,94
8	47,5	45,5	2,71
9	42	41,5	3,31
10	43,5	42	3,33

11	42	41	2,71
12	42	41,5	3,4
13	42	40,5	2,735
14	38,5	37	2,88
15	38,5	38	3,185
16	43	37	3,63
17	37,5	35,5	3,87
18	43,5	42	3,25
19	47	44	2,63

Anexo 10. Dados de madeira serrada para o calculo do volume após a serragem

Nr.	I	E	C	Quantidade
1	0,1	0,025	0,74	11
	0,1	0,025	1,25	6
	0,25	0,13	2,1	2
	0,08	0,015	0,74	9
	0,08	0,025	1,25	9
2	0,1	0,025	0,74	20
	0,1	0,025	1,25	12
	0,1	0,015	0,74	2
	0,25	0,13	2,1	1
3	0,1	0,025	0,74	24

	0,1	0,025	1,25	12
	0,1	0,025	2,44	5
	0,25	0,13	2,5	1
4	0,1	0,025	0,74	24
	0,1	0,025	1,25	6
	0,1	0,05	0,74	3
	0,25	0,13	2,1	2
5	0,1	0,025	0,74	12
	0,1	0,05	2,44	9
	0,08	0,025	1,25	4
	0,1	0,025	1,25	3

Anexo 11: Volume de toros de madeira serrada volume costaneiras volume serradura, percentagem de rendimento volumétrico, percentagem de volume das costaneiras e percentagem de volume da serradura por cada classe diamétrica.

<i>Classes- Diametrica</i>	<i>Nr. Toros</i>	<i>VT</i>	<i>Vms</i>	<i>VR</i>	<i>R%</i>	<i>Vst</i>	<i>%S</i>	<i>Vcst</i>	<i>%Cost</i>
34,9-40,9	17	5,99	3,28	2,71	54,87	0,84	27,05	1,86	30,83
40,9-46,9	19	8,12	4,61	3,51	55,75	1,22	27,27	2,29	29,25
46,9-52,9	6	2,97	1,65	1,32	54,78	0,40	24,69	0,93	31,85
52,9-58,9	6	4,54	2,59	1,96	56,58	0,57	22,60	1,38	30,77
>58,9	4	3,80	1,60	2,21	40,99	0,31	20,75	1,89	50,92
Total Geral	52	25,42	13,73	11,70	54,31	3,35	25,86	8,35	31,91